

# strength of materials 1

1<sup>st</sup> year civil

## Contents

1-introduction to engineering materials

2-metallic materials

- normal stresses

- behavior of engineering materials in static tensile

- Behavior of engineering materials in static compression.

- Behavior of engineering materials in static bending

- Behavior of engineering materials in static shear

Prepared by  
Eng.Osama Tarek

## الباب الأول: خواص المواد الهندسية

### علم هندسة المواد

← هو العلم الذي يختص بدراسة واكمير خواص المصنوعات للمواد المستخدمة في الأعمال الهندسية ودراستها تغييرها مع اختلاف وظروف التشغيل.

← كما يهتم علم هندسة المواد بتحسين خواص المواد المعروفة واكتشاف مواد جديدة انصب للاستخدام وأكثر اقتصاداً.

← يحدد أيضاً للمهندسين طرق اختبار وحدود القبول والرفض للمواد التي يتعامل معها المهندس للتحقق من مدى صلاحيتها.

### المواد الهندسية Engineering material

هي التي عادة تستخدم في أي منتج أو لتنفيذ عمل هندسي من الأعمال الهندسية أو الإنشاء.

### تقسيم المواد الهندسية

أ- حسب طبيعة التركيب.

ب- // خواص الميكانيكية.



## - تقسيم المواد حسب طبيعة تركيبها

### Metallic

#### ١- المواد المعدنية

- معادن حديدية : Ferrous : مثل حديد الصلب و الحديد الزهر و حديد المطوع .
- "غير حديدية" : non - Ferrous : معادن ثقيلة مثل النحاس والنيكل ومنفل معادن خفيفة مثل الألومنيوم والمغنسيوم ومعادن طرية مثل القصدير والبرص و القصدير

### Non-metallic

#### ٢- المواد الغير المعدنية

- مواد البناء : مثل الأحجار والطوب والركام والخرسانة والاسمنت والجبس والخشب .
- "متنوعة" : المطاط والبلاستيك والنفط والبوليات .

#### ٣- مواد الصلابة للطاقت

- مثل الماء والنفط والمواد الكيميائية واليورانيوم .

## - تقسيم مواد حسب خواصها الميكانيكية

### Ductile

#### ١- المواد المطيلية

- هي المواد التي يتغير شكلها أو يمكن أن يحدث بها استطالة بتأثير الأحمال المختلفة التي تؤثر عليها وتكون خاصية المرونة والمطيلية بها عالية وكذلك مقاومتها للشد عالية مثل حديد المطوع والألمنيوم .

### Brittle

#### ٢- المواد القصفة

- هي المواد التي تكون مقاومتها للشد ضعيفة ولا تقاوم احمال الشد ولكن تتحسن مقاومتها للضغط بشكل مناسب مثل الطوب والأحجار والخرسانة والزجاج والحديد الزهر .

### Semi-Ductile

#### ٣- مواد لنصف مطيلية

- هي المواد التي خواصها تجمع بين خواص المواد المطيلية من حيث قدرتها على استطالة بد رجة أقل وخواص المواد القصفة بتحسن ظاهر في خواصها مرونة . مثل الصلب الكربوني والنحاس الأصفر



## المواصفات القياسية والأكواد

المواصفات القياسية Specification Standard	الكود Code of Practice
في الاشتراطات التي تضعها بعض الشركات أو المصانع لصناعة والتجارة أو هيئات مختارة حكومية أو مستقلة بحيث يلتزم الموردون بتوفيرها في منتجاتهم وسلاسلهم وتنقسم إلى قسمين:	عبارة عن اشتراطات توضح كيفية تصميم وتنفيذ المنشآت
1- اشتراطات تتعلق بمواصفات المواد مع الأخذ في الاعتبار متطلبات التوفير لقياس	← بصيرة معهود أكواد البناء المتابع لوزارات الإسكان
2- اشتراطات تتعلق بكيفية إجراء الاختبارات القياسية ليتحققه المورد مع مطابقة موارده وليتحققه بهل المستهلك مع مواصفات مشتريات. وتحتوي المواصفات القياسية على:	← مخالفت يعاقب عليه القانون
1- كيفية أخذ العينات 2- تحديد حجم العينة 3- كيفية إجراء الاختبارات والاهتم بتحل 4- حدود القبول والرفض 5- اشتراطات أخرى	← يوجد 48 كود في مختلف الهندسة المدنية
← تصد عنه هيئة التوحيد القياسي بوزارة الصناعة	← مخالفت يعاقب عليه القانون
← مخالفت لا يعاقب عليها القانون	← أمثلة: كود مصري ECP 203 كود امريكي ACI 318
← أمثلة ESS, ASTM	

## الاختبارات والتجارب

التجارب: الغرض منها استخلاص نتائج لم تكن معروفة أو متأكد منها قبل الاختبار (كالاختبار الاختبار: " منه التحقق منه من مطابقة مادة أو منتج كمواد الكود والمواصفات

الاختبار	نوع الاختبار
الاختبار غير متلف Non-Destructive	Destructive tests
يمكن استخدام العينة محل الاختبار بعد الاختبار	لا يمكن استخدام العينة بعد الاختبار (تتلف للعنف)
دقة النتائج: متوسطة وتقريبية	دقة النتائج: دقيقة ومالية
مكان الاختبار: موقع أو العمل	مكان الاختبار: العمل
الغرض منه: مراجعة نتائج ظهور تقريبية	الغرض منها: تحديد قيم وحمايتها



## خواص المواد الهندسية Illustrate the different Properties of Material

- ١- الخواص الطبيعية : معرفة أبعادها واللون والشكل وأوزانها ونسبة الماء لها
- ٢- الكيميائية : التركيب الكيميائي ونسبة الأسمه الهيدروجين لمعرفه القاعدية وخواصه
- ٣- الحرارية : معاملات التمدد والانكماش وتأثير الحرارة
- ٤- الكهربائية : معرفة مقاومة الكهربائية للمواد وكذلك معرفة التوصيل والعزل الكهربائي
- ٥- المغناطيسية : معرفة انفاذ المغناطيس للمواد وقوة عزل المغناطيس ودرجة التأثير بالمجالات المغناطيسية الجيدة . وتأثير الكهرباء
- ٦- البصوئية : تأثير الضوء على المواد ( انكسار - انعكاس )
- ٧- الصوتية : مثل التوصيل للصوت والانعكاس للصوت
- ٨- الميكانيكية : هي الخواص التي تتعلق بسلوك المواد الهندسية عند تعرضها للأحمال المؤثرة المختلفة سواء كانت " احمال استاتيكية او ديناميكية او متكررة . وتستخدم خواص الميكانيكية كالمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة .

## أنواع الأحمال Types of Loads

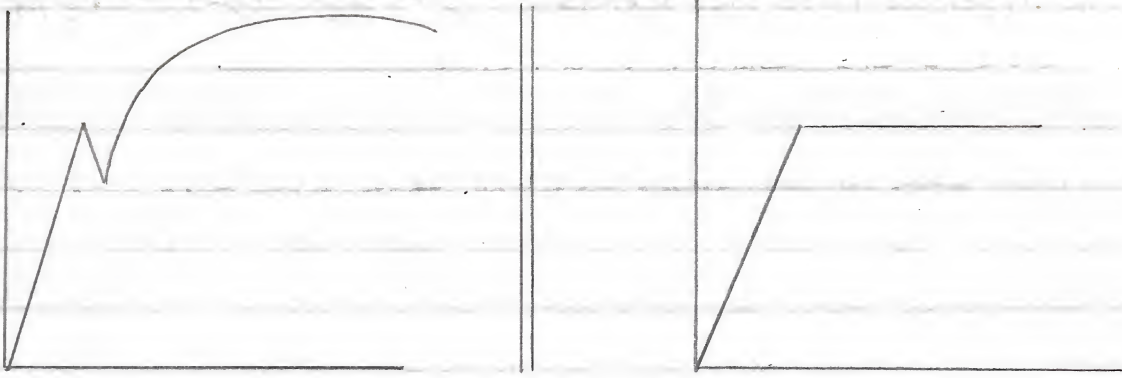
### 1- Static Loads

الحمل الاستاتيكي قد يكون فيه تأثير كل بطناً متزايداً أو متناقصاً تدريجياً حتى يصل الى قيمته القصوى أو الدنيا بدون حدوث أي احمال حركية او اهتزاز (شروط)

اهتزاز على الأحمال الاستاتيكية :

احمال اختبارات شد - الضغط - الانحاء - لقمة

حيث انه الحمل عشت الاختبار بأحمال تزداد تدريجياً ببطء وعمليات التحميل معلومة طبقاً للمواصفات اي في الاختبارات حتى يصل الحمل الى قيمته القصوى واحدة العكس بالعينات (مثل : قنن حمل والاستطالة لمعدنه مطيل )  
 \* وقد يكون الحمل الاستاتيكي ثابت المقدار والاتجاه وموقع التأثير مثل أوزان البنايات الانشائية . وكذلك الأحمال الدائمة Dead Load مؤثرة عليها .  
 ← كما ان التحميل المستمر او التحميل الدائم لمدة طويلة مع الزمن بدون تغيير في طبيعة الحمل المؤثر يعد تحميلاً استاتيكياً .



## Dynamic Loads

تكون الأحمال المؤثرة على المواد ماعدا الأحمال اهتزاز أو أحمال صدم وتكون مدة التأثير صغيرة نسبياً .

← ويختلف التحميل الديناميكي عن التحميل الاستاتيكي في أنه الأحمال (التأثيرات) لها شدة من التحميل الديناميكي أعلى بكثير من الأحمال (التأثيرات) الناتجة من التأثير بنفس قيمة الحمل ولكن حمل استاتيكي . ويخضع الحمل الاستاتيكي الذي يعطى نفسه الأحمال (التأثيرات) مع الحمل الديناميكي " بالحمل الاستاتيكي المكافئ " \*

أمثلة على الأحمال لديناميكية

هبوط الطائرة على الأرض ، طار ← أحمال أجسام متحركة

عند صدمها بأجسام أخرى .

والأحمال الناشئة عن دوران الماكينات وحركة القطار ، والأحمال الزلازل

## Repeated Loads

هي الحالات التي تتكرر فيها العناصر الإنشائية إلى حمل يتكرر مرات عديدة متوالت

التحميل المتكرر له أهمية خاصة يجب الالتفات إليها لأن العناصر قد تتحمل إجهادات بتأثير الأحمال مرة واحدة ، بينما قد تنهار هذه العناصر تحت تأثير نفس الأحمال أو أحمال أقل منها لو كانت الحمل المؤثر متكرراً مرات عديدة . وبسبب التحميل المتكرر ، إجهادات متغيرة في قيمته غالباً في حدود معينة .

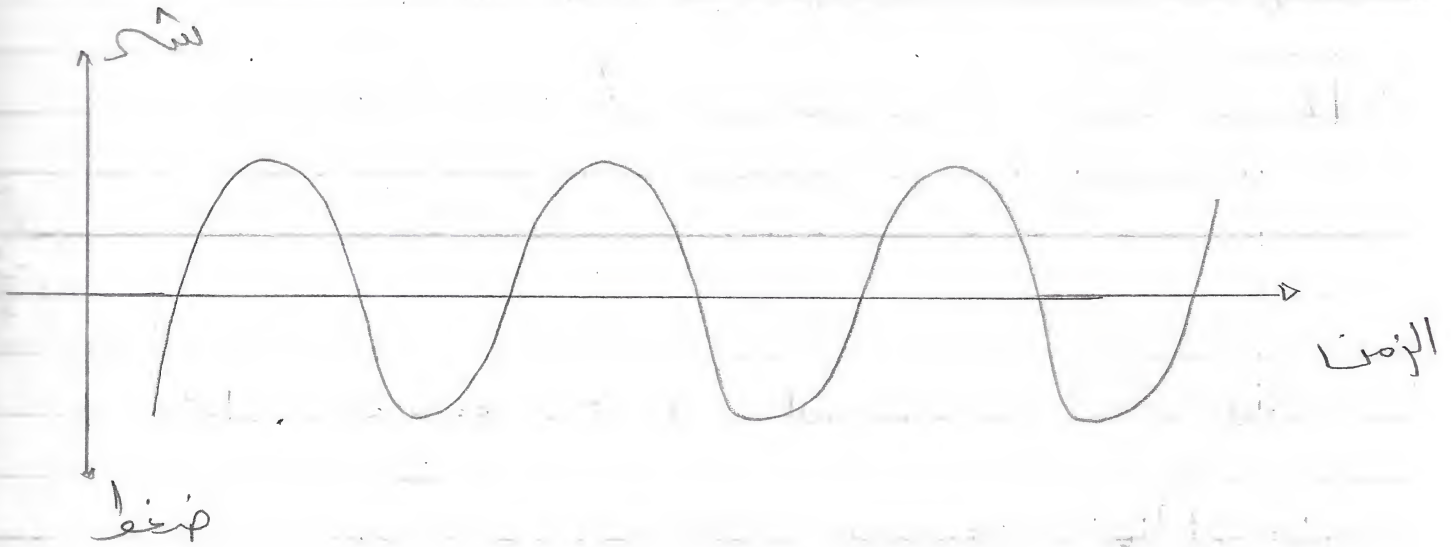
مثال : أحمال العصب " Fatigue "



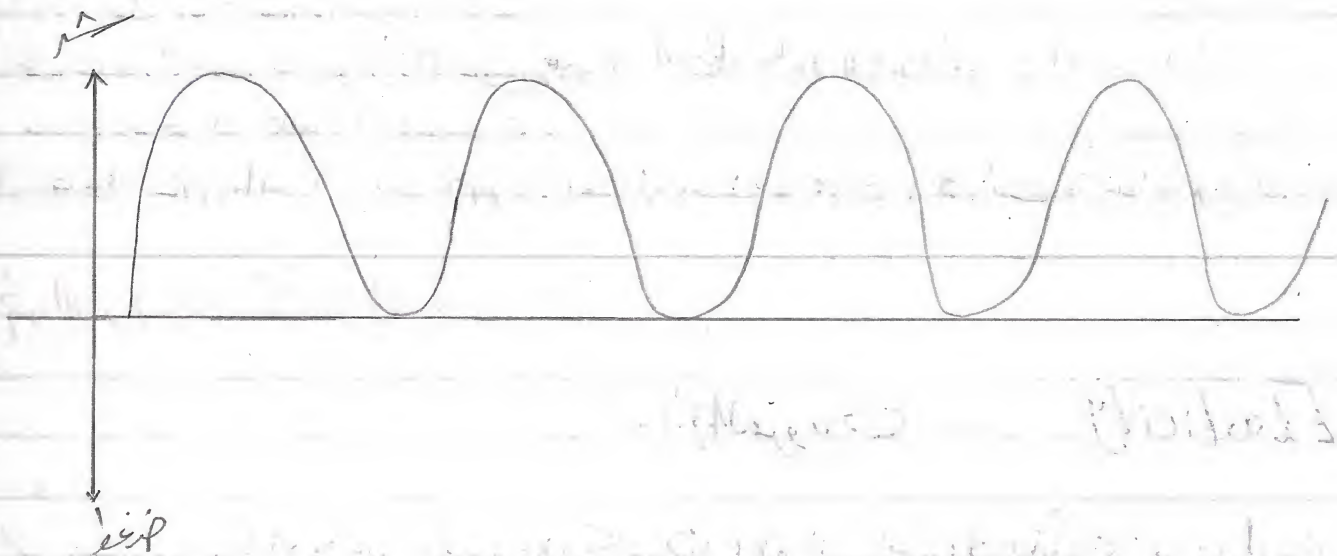
## حالات الأجهادات المتكررة

xx

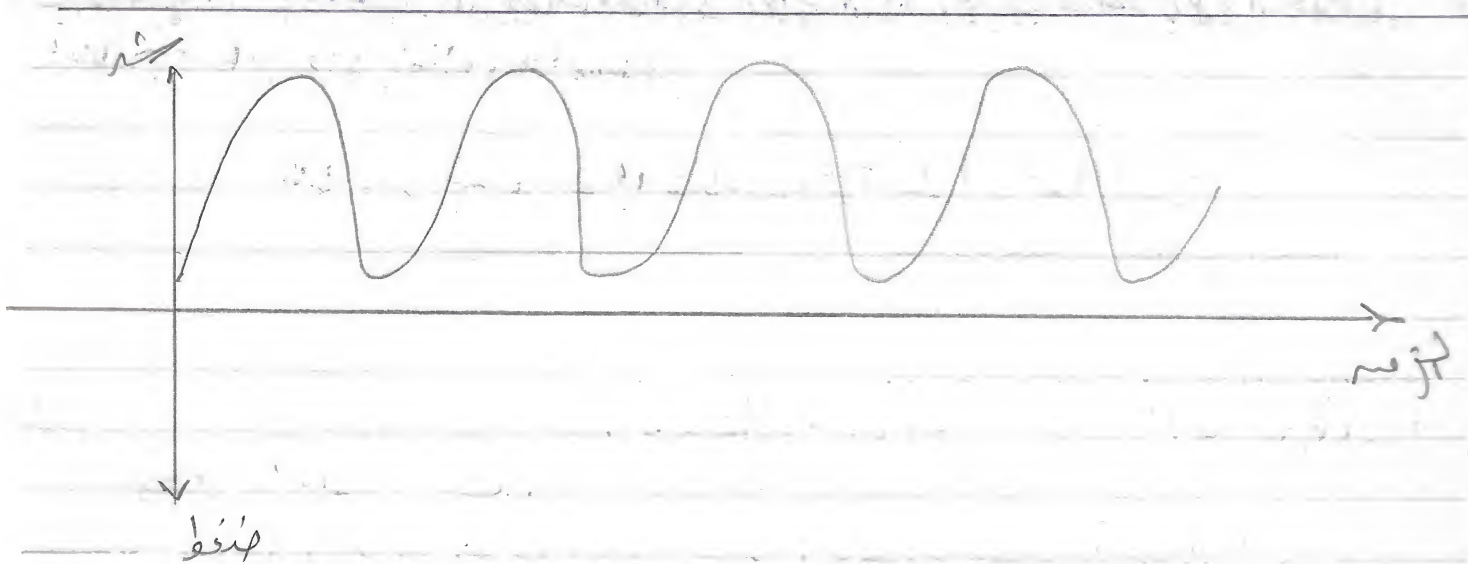
١- أجهادات متغيرة من قيمة قهوى في إحد إلى قيمة قهوى في الضغط



٢- أجهادات متغيرة من قيمة قهوى في إحد إلى قيمة قهوى في الضغط



٣. أجهادات متغيرة مع قيمة عظمى في إشر أو الضغط إلى قيمة صغرى في إشر أو الضغط ولكن بقيمتها أعلى من الصفر



#### 4- Quasi - Load Static

الأحمال شبه الاستاتيكية ولكن تعمل في الاتجاهين

أهمية دراسة تأثير الأحمال  
لها أهمية كبرى في أعمال التصميم وحساب  
القطاعات المناسبة للعناصر الأساسية المحملة وكذلك تعيين خواص الميكانيكية

خواص الميكانيكية الرئيسية

#### 1. Elasticity المرونة

هي قدرة المادة على استعادة شكلها أو أبعادها الأصلية بعد زوال الحمل المؤثر وعدم بقاء أي تشكل دائم بها.  
أجهاد حد المرونة: هو أكبر أجهاد يمكن أن تتحملة المادة بشرط الرجوع للأبعاد الأصلية بعد زوال هذا الأجهاد

#### CreeP الزحف

قدرة المادة على زيادة تشكلها مع الحرارة والزمن تحت تأثير الإجهاد الثابت



## 2. Plasticity اللدونة

هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل دائم ولا تسترجع لها أبعادها الأصلية حتى وبعد زوال الحمل المؤثر.

أهميتها: لها دور كبير في عمليات التشكيل للمعادن

## 3. Ductility الممتولية

Large deformation هي قدرة المادة على السحب والاستطالة الكبيرة عند تعرضها لأحمال شد.  
 ← أي انفعال في خواصية التي تسمح للمادة بتغيير لونه كبير تحت تأثير الأحمال الشد دون حدوث تشقق

وتقاس قيمة الممتولية المواد بما يلي

1- النسبة المئوية للاستطالة

$$\text{Ductility} = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100$$

2- النسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع

$$\text{Ductility} = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100$$

3- عامل الاستطالة

$$\text{Elongation Factor} = \frac{A_0 - A_i}{A_i} \times 100$$

$L_0$ : : الطول الأصلي للعينة

$A_0$ : : مساحة المقطع الأصلية

$L_i$ : : الطول بعد الشد

$A_i$ : : مساحة المقطع

#### 4- Malleability المروية

قابلية المادة حدوث تغيير لديه كبير بغير حدوث تشققه تحت اجهادات الضغط وقد تظهر على التفلطح

#### 5- Brittleness التقصف

التقصف هي خاصية التي تجعل (مادة) تنكسر قبل حدوث أي تغيير ملحوظ في الشكل أو أنها تدمر قابلية المادة على الاستطالة أو المسحب أو الطرق، وبذلك فهي عكس المروية.  
أمثلة: الكبريت، الزهر، الخشب، الزجاج

#### 6- Strength مقاومة

تعرف بأنها مقاومة المادة لأن تحمل مؤثر عليها سواء كان شد أو ضغط أو انحناء أو قص، وتعرف بمقاومة الضغط إذا كان الحمل يؤثر على ضغط، ومقاومة الشد إذا كان الحمل يؤثر على شد.  
المقاومة للقص: أكبر اجهاد تتحملها المادة من خلال تأثير حمل يتزايد ببطء حتى الحس.  
وحدات قياس المقاومة: هي نفسها وحدات قياس الاجهاد (قوة/مساحة)

#### 7- Stiffness الصلابة

هي مقاومة المادة لأي نوع من التغيير في الشكل والابعاد. وتعرف المادة صلابة بأنها المادة التي تتحمل اجهادات عالية مع حدوث تغييرات ضئيلة في الشكل وتقاس قيمة الصلابة للمواد بمعايير مرونة ومعايير مرونة في الاختبار الشد والضغط المحوري وهو مقياس الصلابة في حدود المرونة

$$\text{Modulus of Elasticity (E)} = \frac{\text{اجهاد}}{\text{انفعال}}$$

«هي قدرة المادة على مقاومة التشكل»



## 8. Toughness المتانة

هي قدرة المادة على مقاومة التآكل للأحمال الديناميكية أو انقلع من قدرتها على مقاومة الأحمال الصدمية وامتصاص الطاقة (ميكانيكية) مع تغير كبير في الشكل بدون حدوث كسر. وتقاس مساحات الكلية تحت منحنى الحمل والاستطالة. ويعرف معيار المتانة بمقدار الطاقة المؤثرة على مظهر الأحمال والانفعال للمواد.

## 9. Resilience الرجوعية

الرجوعية هي قدرة المادة على امتصاص الطاقة دون أن يحدث بغير تشكل دائم للطاقة تسترجع كلياً بعد زوال الحمل، وتقاس بمقدار مساحات تحت جزء مستقيم لمنحنى الحمل والاستطالة. ومعيار الرجوعية يعرف بأنه أكبر كمية من الطاقة المرنة التي تخزن في وحدة الحجم من مادة وتسترجع ثانية بمجرد إزالة الحمل المؤثر ويعبر عنه بمقدار معيار الرجوعية للمادة بحساب مساحة تحت منحنى الأحمال والانفعال المصغرة به للفرق في جهد وحدتي  $P_{Pr}$ .  
 أو: أقصى طاقة يتم تخزينها في وحدة حجوم المرنة  

$$R = \frac{1}{2} P_{Pr} * \Delta L_{Pr}$$

## 10. Hardness الصلادة

الصلادة هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تأثير الأحمال المختلفة. وقد تعرف الصلادة بأنها قدرة المادة على مقاومة البرك نتيجة الاحتكاك أو مقاومة ثقب أو الخدش أو القلع أو حدوث أي علامة بها. وهذا التعريف لا يمكن أن يكون تعريفاً عاماً لأنه يعبر عنه بعدة لها مقاومة ضعيفة لنوع من أنواع الصلادة بينما لها قدرة عالية في نوع آخر.

## 11. Endurance الأحمال

الأحمال هي قدرة المادة على مقاومة الأحمال المؤثرة لمرة واحدة.   
 ← حد التحميل: أكبر إجهاد متكرر يمكن أن تتعرض المادة له **عليه** إلى نظرياً من المراتب دون أن يحدث إنشطار لها.

Poisson's ratio نسبة بواسون

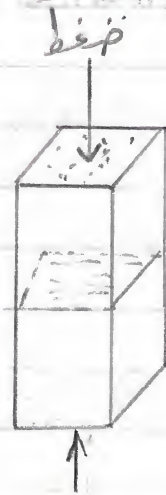
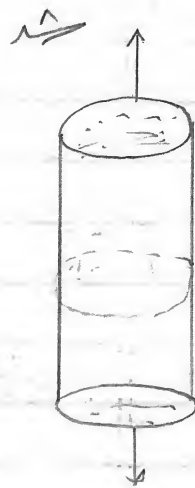
نسبة الانفعال الجانبى إلى الانفعال الطولى في عينات معرضة إلى حمل

محوري

# Normal stress and strain

Normal Force : القوى العمودية

هي قوى ضغط أو شد في اتجاه محور السينة وعمودية على مساحة المقطع



« رصيدة المباني »

## 1. Stress "الأجهادات"

الأجهاد : هو القوى الداخلية مقسومة داخل جسم نتيجة الأحمال المؤثرة عليه عمودياً

$$F = \frac{P}{A} \quad \begin{matrix} \text{أحمال} \\ \text{مساحة} \end{matrix}$$

وحدات  $N/mm^2$  ؟  $t/m^2$  ؟  $Kg/cm^2$

## 2. Strain "الانفعال"

الانفعال : هو الاستطالات الكائنات في وحدة الأطوال من المادة (نسبة بين الأطوال)  
(Unitless)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

الاستطالة ←      ← الأطوال الأصلية



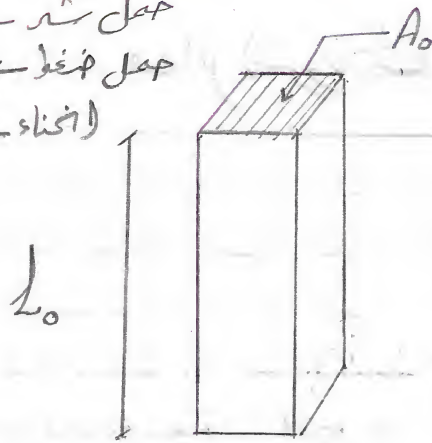
# Deformation

التشكيل المحدود

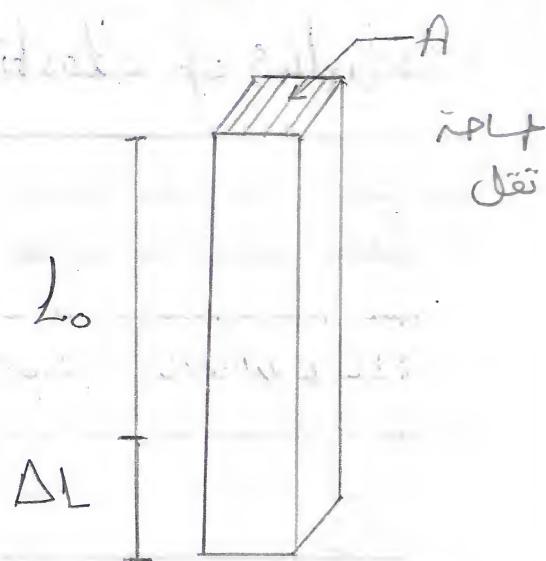
(Cm - Inch)

هو مقدار التغير في ابعاد جسم تحت تأثير الأحمال  $\Delta L$

عمل شد ← استطالة  
عمل ضغط ← انفعال - انضغاط  
(انحناء ← هبوط (ترخيم)



الحين قبل التأثير على قوى خارجية



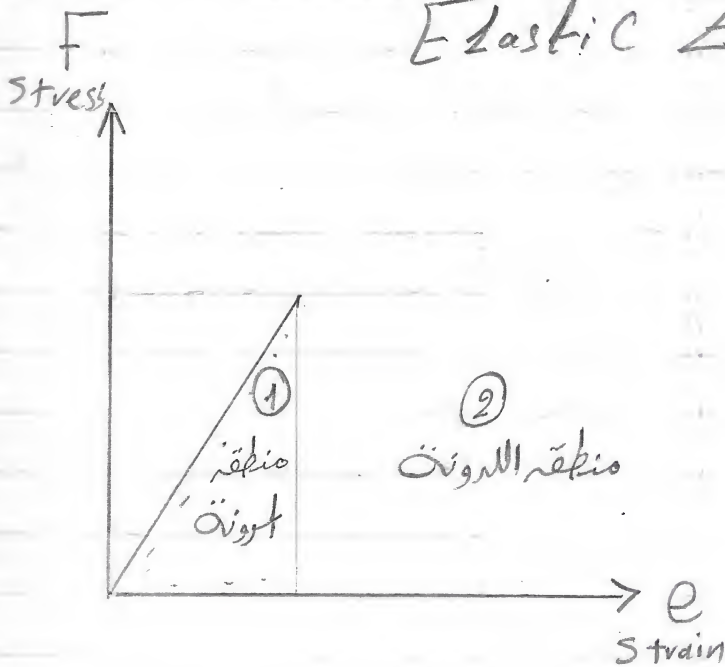
الحين بعد التأثير على قوى خارجية

Young Law:

العلاقة بين الأحمال والانفعال  $e \propto F$

وحد أنه النسبة بينهم ثابتة  $\frac{F}{e}$  في حدود معينات

Elastic Zone



1. Elastic Zone

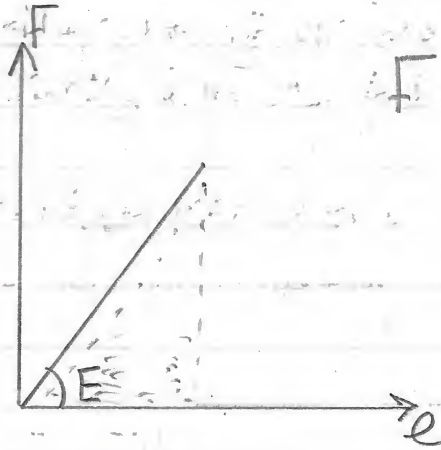
المنطقة تحت خط الاستيعام

2. Plastic Zone

منطقة بعد خط الاستيعام وحتى نهاية العلاقة

# Modulus of Elasticity

## معايير المرونة



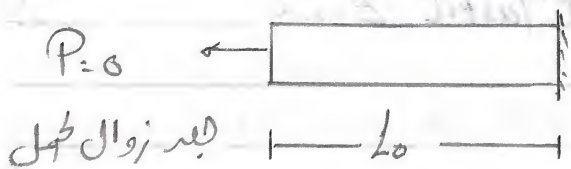
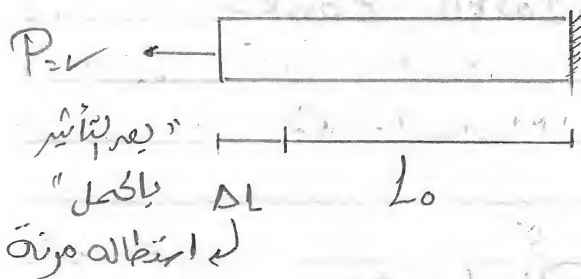
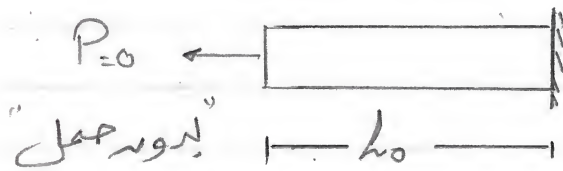
هو ميل الخط المستقيم للعلاقة بين  $F$  و  $e$

$$E = \frac{F}{e}$$

لقس و وحدات الأبعاد

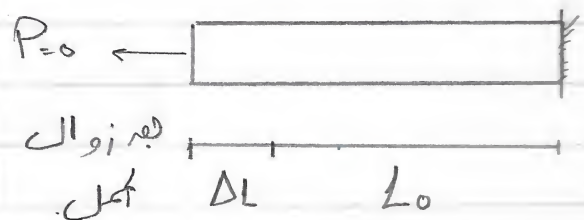
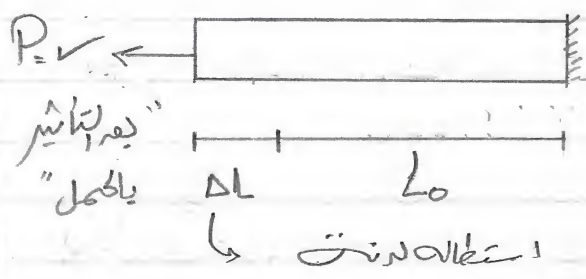
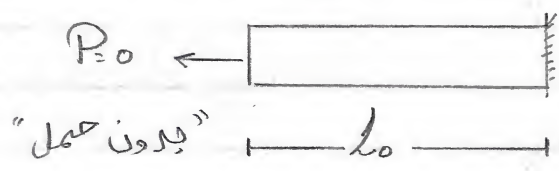
### Elastic المرونة

بعد التأثير بالحمّل تتشكل مادة وعند رفع الحمل تعود المادة لأبعادها الأصلية دون حدوث تشوه للمادة



### Plastic اللدونة

بعد التأثير بالحمّل تحتفظ مادة بجزء من التشوه كدائم فيبقى ولا تعود لأبعادها بعد زوال الحمل



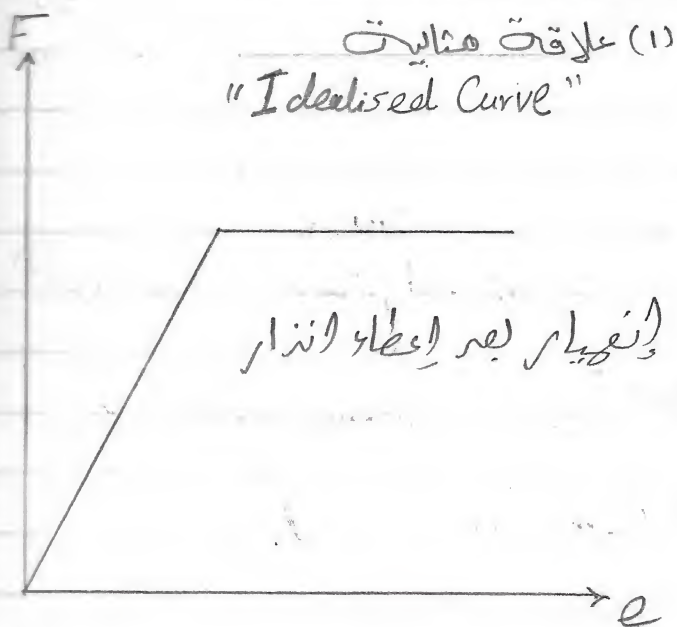


# Elastic Modulus (E) معيار المرونة

كل خاصية مميزة للمادة ويعبر عنه صلابته، أي قدرتها على مقاومة التشكل الحادث فيها نتيجة مؤثر خارجي أو داخلي.

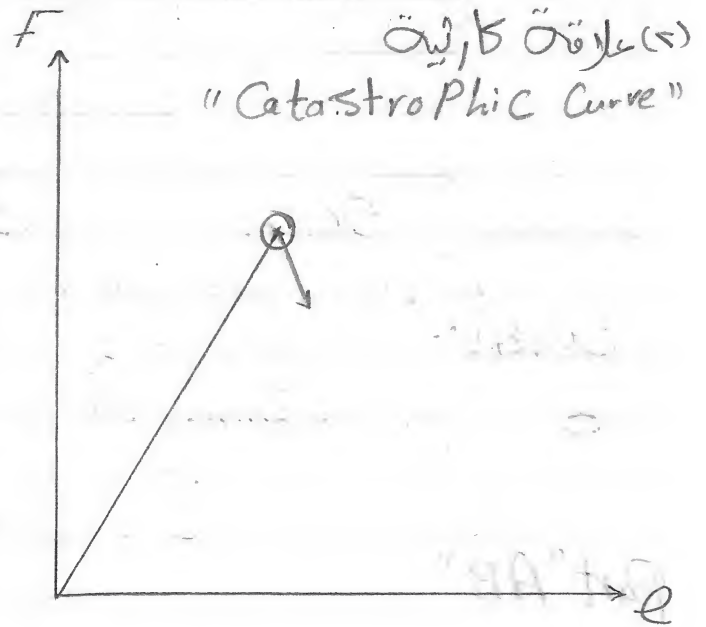
مثلا: معيار مرونة الحديد  $2000 \text{ t/cm}^2$

## \* Relation Between Stress and Strain



مثال: الحديد الطري  
Mild steel

Ductile مواد مطيلة



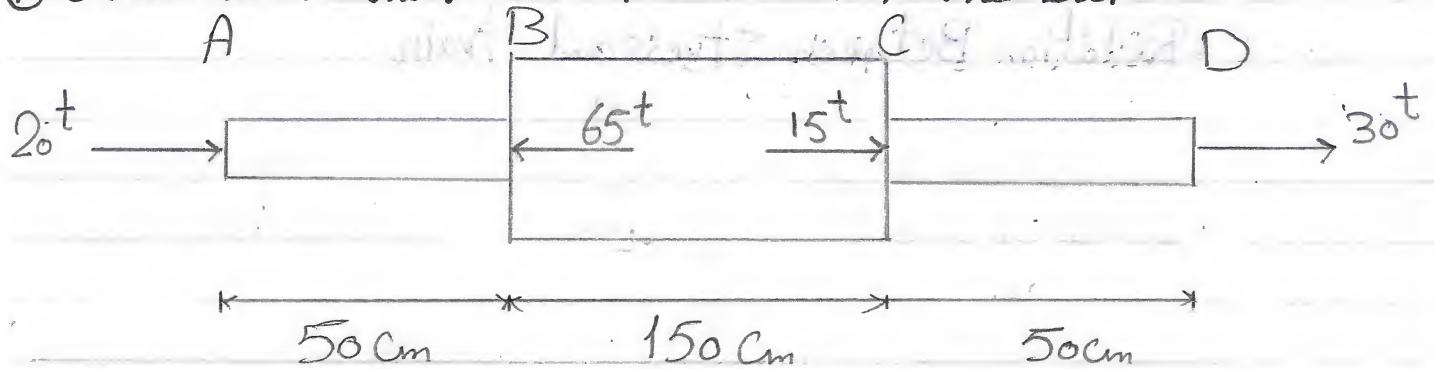
مثال: الخشب والزجاج  
Concrete & Glass

brittle مواد قصفة

### Example :-

Calculate the internal stresses and strains at each part for the following member; if the cross section for part AB and CD is  $20 \text{ cm}^2$  and for part BC is  $30 \text{ cm}^2$ . The Elastic modulus for each part is  $2000 \text{ t/cm}^2$ .

\* Calculate also the total deformation of the bar



Given:-

$$A_{AB} = A_{CD} = 20 \text{ cm}^2$$

$$A_{BC} = 30 \text{ cm}^2$$

$$E = 2000 \text{ t/cm}^2$$

Part "AB"

$$P_{AB} = 20 \text{ ton (Comp)}$$

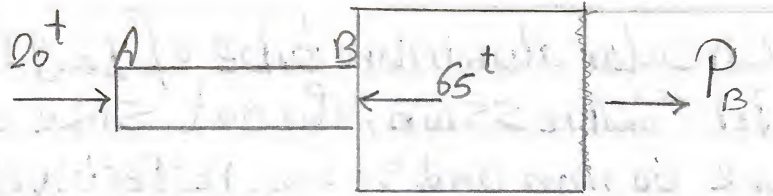


$$\therefore f_{AB} = \frac{P_{BA}}{A} = \frac{20}{20} = 1 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{Comp})$$

$$\Delta L = \frac{20 \times 50}{20 \times 2000} = 0.025 \text{ cm}$$



## Part "BC"



$$P_{BC} = 65 - 20 = 45 \text{ ton (tension)}$$

$$\therefore F_{BC} = \frac{45}{30} = 1.5 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta l = \frac{45 \times 150}{30 \times 2000} = 0.11 \text{ cm}$$

## Part "CD"



$$P_{CD} = 30^t \text{ ten}$$

$$\therefore F_{CD} = \frac{30}{20} = 1.5 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta l = \frac{30 \times 50}{20 \times 2000} = 0.04$$

$$\therefore \text{Total Deformation} = -0.025 + 0.11 + 0.04 = 0.125 \text{ tension}$$

مجموع تغییرات طولی = 0.125 تن

## Example: 2

A circular aluminum tube of length 500 mm is loaded in compression, the out side and inside diameters are 60 mm and 50 mm, respectively. A strain gage is placed to measure normal strain in the longitudinal direction if the measured strain is  $500 \times 10^{-6}$ , what is the shortening  $\Delta L$  and the normal stress of the bar if the elastic modulus is  $1000 \text{ t/cm}^2$ .

Sol

$$e = 500 \times 10^{-6} \quad E = 1000 \text{ t/cm}^2$$

$$f = E \times e = 500 \times 10^{-6} \times 1000 = 0.5 \text{ t/cm}^2 \rightarrow \textcircled{1}$$

$$e = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow \Delta L = 500 \times 10^{-6} \times 500 = 0.25 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{2}$$

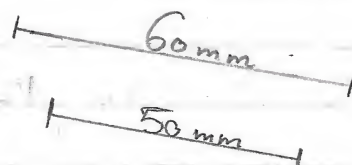
لو طلب (قوى شد) تتجاهلها

$$f = \frac{P}{A}$$

$$0.5 = \frac{P}{7.85}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} (60^2 - 50^2) \\ &= 78.53 \text{ mm}^2 \\ &= 7.85 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$P = 3.93 \text{ ton}$$



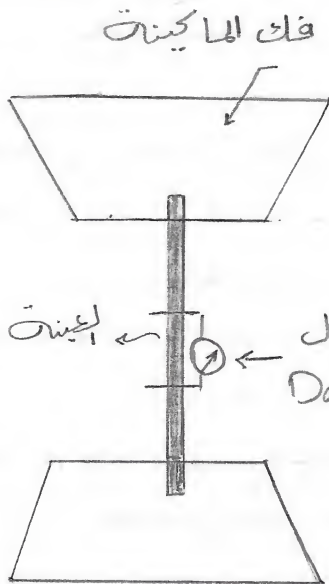


## سلوك المواد الهندسية في الشد الاستاتيكي

### أهمية اختبار الشد

يعتبر اختبار الشد في المعادن من أهم وأكثر الاختبارات شيوعاً واستخداماً خاصة لأنّه من أسهل وأبسط الاختبارات الميكانيكية في إجرائه ومنه أدقها في تكرير النتائج كما تستند معظم المواصفات القياسية إلى اختبار الشد كأساسه لبيان خواص المواد المعدنية لما نتاجت من قيمة ودلالة هامة في تكرير هذه الخواص لا سيما وأنه للمواد المعدنية قدرة ملائمة على تحمل أحمال الشد مما يستلزم اختبارها في الشد لبيان مدى تحملها أثناء التشغيل. ويعتبر اختبار الشد من أهم الاختبارات التي تستخدم في ضبط جودة المواد المعدنية نظراً لوجود علاقة بين خواصه الشد وبين خواصه الميكانيكية الأخرى. لذلك فإنه اختبار الشد يجري للمواد الحديدية والمواد الغير حديدية ونادراً ما يجري على مواد غير المعدنية (مثل الخرسانة) نظراً لضعفها في تحمل الشد ولأنه يعملها في المنشآت هي لتحميل أحمال الضغط. واختبار الشد الاستاتيكي يجري تحت تأثير حمل شد محوري في اتجاه واحد حيث ينطبق اتجاه الحمل على محور طول العينة الاختبار. بحيث يمكن التحميل تدريجياً من الصفر إلى النهاية

### تجربة الاختبار



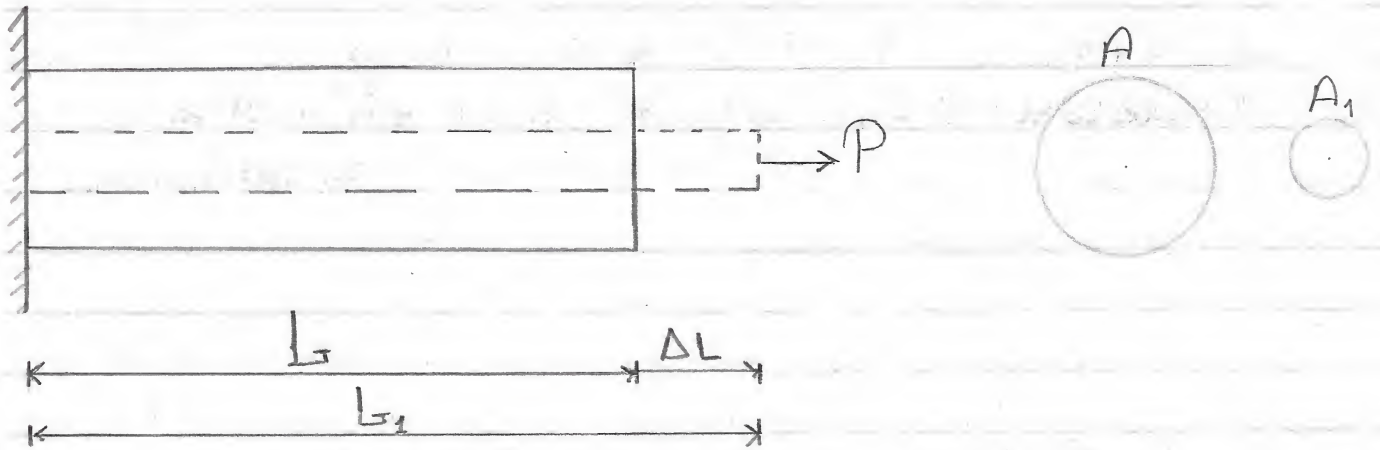
يتم قياس طول العينة الأصلية وطول لقياسي وأحدية القطر للعينة ومن خلاله مساحة عينة (A)

يتم تثبيت العينة في ماكينة وهدأ الاختبار ويتم تسجيل الحمل المؤثر والاستطالة المصاحبة للحمل وتدون الجدول

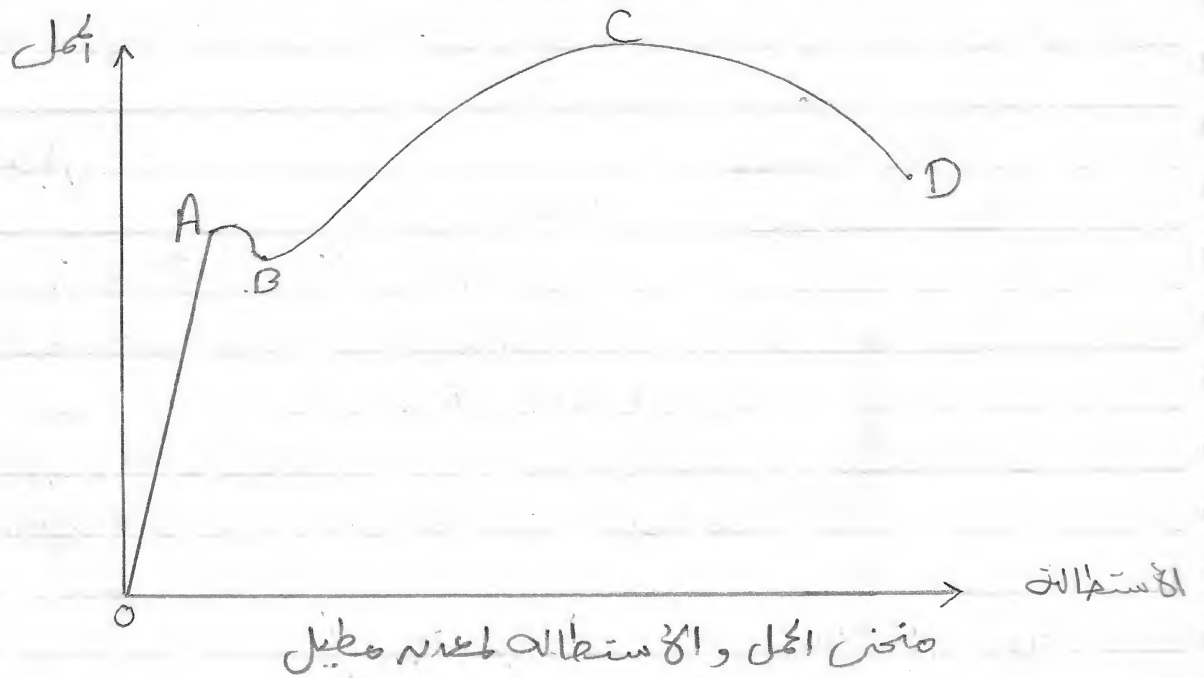
Load (+)	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
Def ( $\Delta$ )	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$

## > دراسة سلوك المواد الممتدة لطيفة Ductile Material Behaviour

عندما تتعرض عينة إسطوانية من الصلب الطرفي (أي من الممتد) لطيفة إلى حمل شد (P) يتزايد تدريجياً. فإن العينة الممتدة يحدث بها استطالة تزايد بزيادة الحمل.



التحميل بالشد: يزيده طول العينة ويقل مساحة مقطع.



1. الحمل المؤثر والاستطالة متناهيان حتى نقطة (A) إذا استمر في التحميل بعد النقاط (A) فإنه الاستطالة تزداد وبسرعة حتى نجد أنه عند الحمل المقابل للنقطة (B) يحدث استطالة كبيرة وتستمر الاستطالة في الزيادة مع ثبوت الحمل وتسمى هذه الحالة خضوع المعدن كما تسمى النقطة (B) بنقطة الخضوع

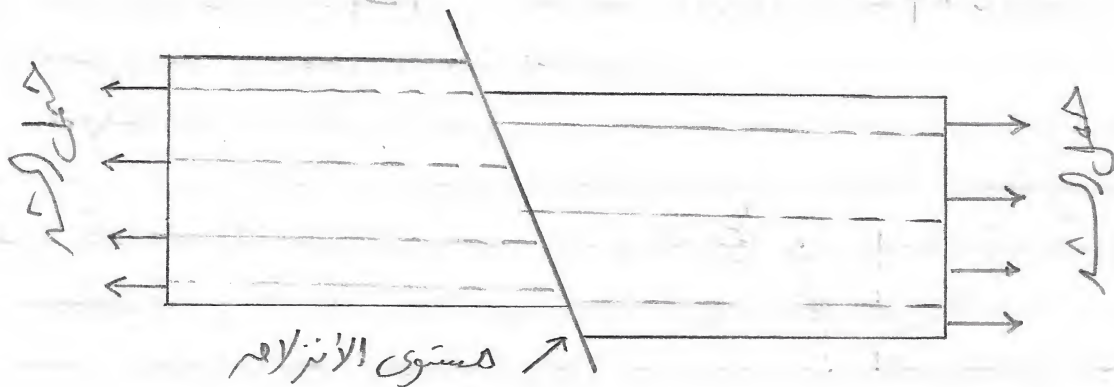


٣- وإذا استمر في التحميل بزيادة الحمل أحدث استطالة مصاحبة لكل حمل ولكنها تكون سريعة بعد أن يجبر مما كان أحدث في المنطقة (A-0). كما أن الاستطالات تصبح غير متناسبة مع الحمل ويكون الحمل والاستطالة على هيئة هنيئ وليست خط مستقيم كما بالجزء (B-C) ودلالة على النقطة (C) حيث تصل إلى أقصى حمل للعين المختبرة.

٤- بعد النقطة C يقل الحمل تدريجياً عند النقطة (D) ويكون ماحوياً بزيادة كبيرة في الاستطالات ويستمر التحميل في التناقص والعيث في الاستطالة حتى أحدث الكسر عند النقطة (D)

### الظواهر التي أحدث لدى معدنه مطيل من لحظة بداية التحميل وحتى الانهيار

١- ظاهرة الخفض : أحدث خفض بالمعدن عند اتساع المسافة بين ذرات جزيئاته لدرجة تكسر ارتباط الذرات مما يسبب تغيراً في هذه الذرات وبمضيها. ويكون ذلك ماحوياً بانزلاعه على مستويات داخل الجزيئات

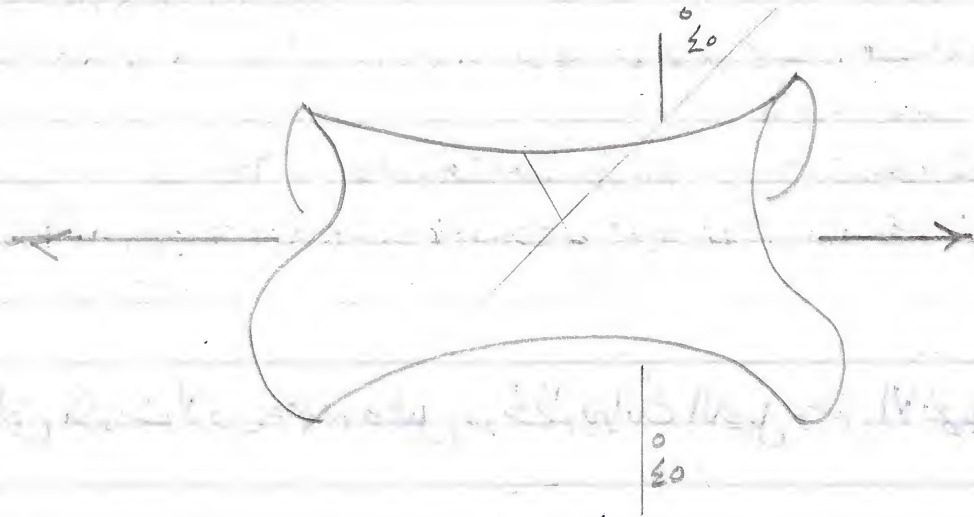


انزلاعه جزء من بلورة معرضة لشد محوري

والخفض يغير حاله عدم توازنه داخل تسبب الانزلاعه لفترة قصيرة حتى يصل لحاله التوازن نتيجة لظاهرة التصلد الانفعالي

٢- ظاهرة التصلد الانفعالي : يمكن تفسير ظاهرة التصلد الانفعالي في أثناء حركة الانزلاعه للجزيئات فإنها تنكسر إلى أجزاء خضواً قريب الحدود الأولية للجزيئات وينتج عنه ذلك إزدياد الكسكس داخل معدنه كما يسبب تصلده وبالتالي توقف الانزلاعه

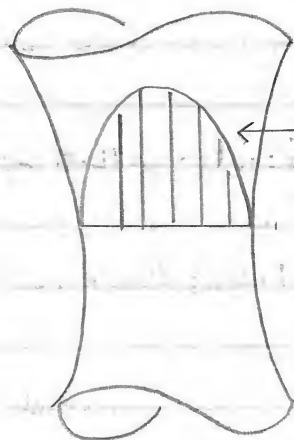
٣- ظاهرة حدوث الرقبة: يمكن تفسير ظاهرة حدوث الرقبة بأنها انزلاق جزئيات المعدن على مستويات المعرشة إلى أكبر قوة قصه أي على مستويات التي قيل مع درجة مع اتجاه حمل الشد وهذا الانزلاق بسبب وجود تحميل شد غير محوري



٦٦ حدوث الرقبة نتيجة مسديرة المقطع

٤- ظاهرة الانهيار في المعدن الطويل: يحدث انهيار عنق المعدن الطويل تحت تأثير حمل الشد بالكسر وذلك بخطوتين الانفعال والانهيار

الانهيار: يحدث الانفعال في منتصف المقطع وهي منطقة حدوث الرقبة يكون ذلك الانفعال على مستوى عمودي على اتجاه حمل الشد يحدث عند ما تنعدم قيمة الجهد الشد قيمة أقصى مقاومة تملاك للمعدن يلاحظ حدوث الرقبة بالبنية يتسبب في جعل توزيع الأجهاد غير منتظم



الأجهاد  
العمودي

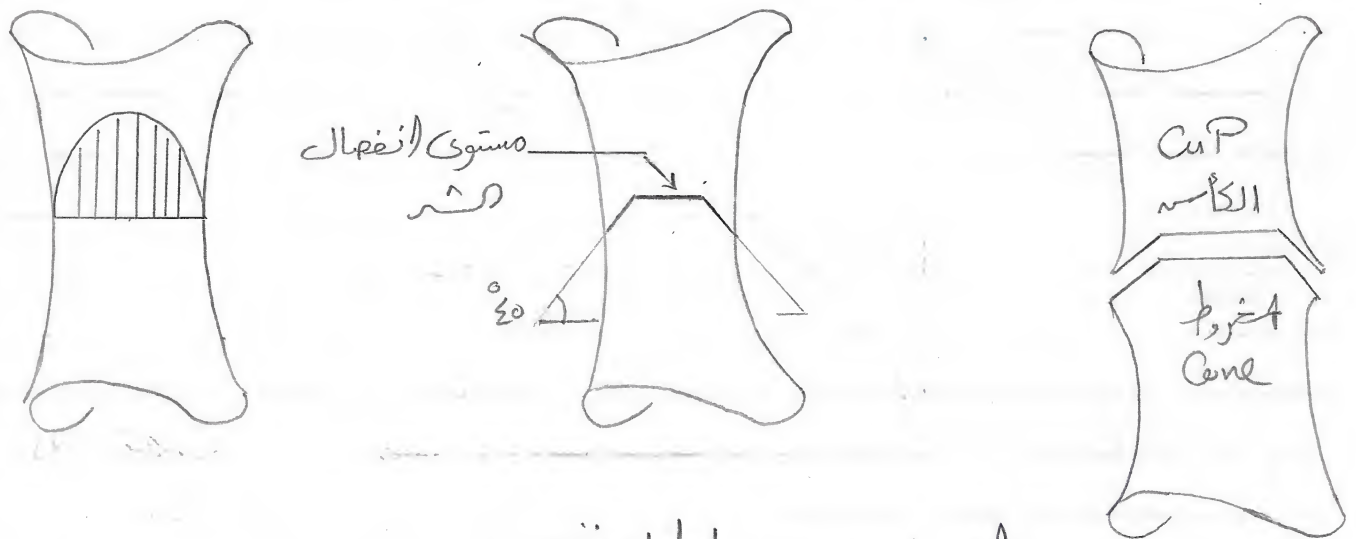
توزيع الأجهاد المحوري لرقبة قفب شد



← الانزلاق: يحدث فيها استمرار انزلاق جزيئات المعدن في مناطق الرقبة  
يؤدي هذا الانزلاق إلى الانهيار بالكسر ويكون على مستوى معين مع انقراض  
يكون الانفعال على هذا المستوى على حروف القطع نتيجة لإجهاد بقع  
ويسمى إنفعال القعر.

يسمى هذا النوع من الانهيار بالكسر للمعادن المطيلة بـ الكأس والخروط  
(Cup and Cone Failure)

يمكن اعتبار سبب كسر مواد مطيلة تحت تأثير قوة شد هو تأثير بقع  
أي انه لمعادن مطيلة تعتبر ضعيفة في تحمل بقع عنها في الشد

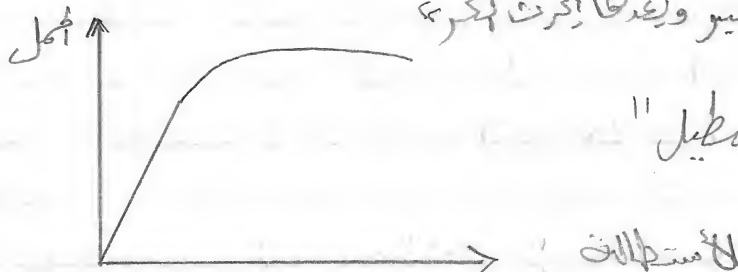


الانفعال المعادن المطيلة

أمثلة على مواد مطيلة: حديد صلب لطري Mild Steel

دراسة سلوك المواد المعدنية زئف مطيلة  
→ High tensile steel

إذا تعرضه قفص من معدن زئف مطيلة مثل صلب عالي مقاومة إلى حمل شد  
يزداد تدريجياً ثم تنكم قيمته الاستطالة لمقاومة الكل حمل. ويرسم منحن الحمل والاستطالة  
للمعدن المطيلة. ولكن يلاحظ عدم وجود منطقة الخضوع. ويكون شكل الكسر على  
هيئة قعر ومخروط أيضاً ولكن برقبة أقل ونوعاً منطافى المعدن المطيل  
« مواد تشكّل تشكّل ولكن ليسه كبير ويعدا يحدث كسر »



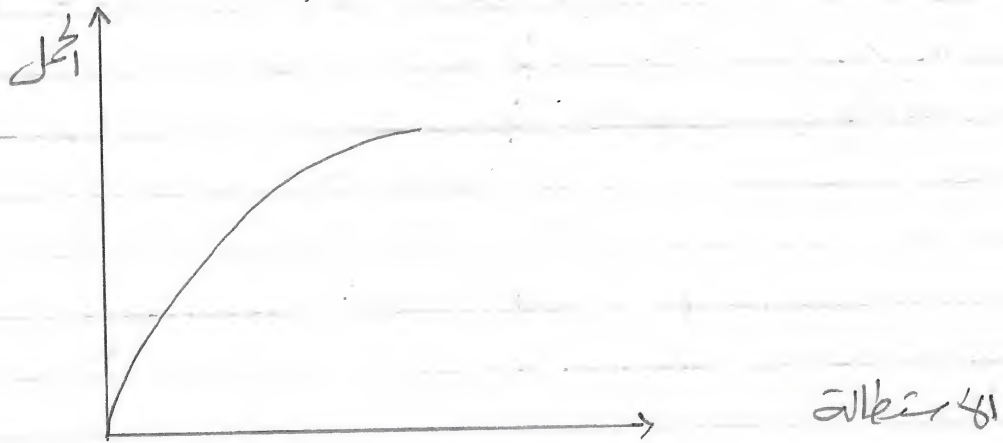
"منحن الحمل والاستطالة لمعدن زئف مطيلة"

## دراسة سلوك المواد المعدنية القصفة

→

عند تحميل عينة من مادة القصفة مثل الحديد الزهر الحمل شح يزداد تدريجياً فانه منحنى الحمل والاستطالة الحادث من هذا الحمل. يلاحظ ايضاً عدم وجود منطقة الخضوع كما انه الاستطالة الحادث من الحمل صغيرة جداً. يلاحظ ايضاً عدم وجود اقية بالينة. وانه الكسر يحدث على كيسة مستوى عمدي في اتجاه التحميل. ولهذا يعني انه الكسر بسبب انفصال البش فقط.

← ان المواد القصفة تكسر في البش تحت تأثير اجهاد احد فقط  
لا يعني انه لا تتحمل اجهادات البش منها في الحمل اجهادات القصف



منحنى الحمل والاستطالة لمعدن قصف

شكل الكسر في مواد القصفة

## حالات كسر المعدن المختلفة في البش

→

يكون الكسر عموماً تحت تأثير اعمال البش نتيجة الانفصال باجهادات البش او الانزلاقه باجهادات القصف او كليهما وذلك لا المقطع الذي يحتوي على اقية.

← اذا كانت مقاومة المعدن للانزلاقه عالية فانه ينكسر بالانفصال كما هو الحال في مواد القصفة.

← اما اذا كانت مقاومة المعدن للانفصال عالية فانه ينكسر بالانزلاقه بفعل اجهادات القصف كما هو الحال في مواد المطيلية.

← اما اذا كانت حالة المعدن متقاربة بين مقاومتين للانفصال ومقاومته للانزلاقه فانه لمعدن يكسر اولاً بسبب الأقل ثم يكمل الكسر بالمقاومة الأكبر. كما هو الحال في معدن النصف مطيلة مثل الصلب عالي الكربون.



# Classification of material according to Percentage of Carbon

## تقسيم المواد تبعاً لنسبة الكربون

### ١. الحديد الخام (raw material)

هو الحديد الذي لا يتعدى فيه نسبة الكربون ٠.٣٥٪

### ٢. الصلب (steel)

هو الحديد الذي يحتوي على نسبة كربون من (٠.٣٥٪ → ٢٪)

ينقسم إلى

- أ. الصلب المنخفض الكربون : نسبة الكربون أقل من ٠.٣٥٪
- ب. الصلب متوسط الكربون : " " (٠.٣٥٪ < C < ٠.٥٪)
- ج. الصلب عالي الكربون : " " (٠.٥٪ < C < ٢٪)

### ٣. الحديد الزهر (Cast iron)

نسبة الكربون (٢ → ٤٪)

## خواصه الميكانيكية للمعادن في الشد

### ١. إجهاد حد التناسب $F_{Pr}$

هو قيمة أكبر إجهاد يمكن عند الإجهاد والآنفعال متناسبين أو هو الإجهاد الذي يتوقف عنده التناسب بين الإجهاد والانفعال  $\rightarrow$  ويعين حد التناسب برسم منحن الحمل والاستطالة وتحديد الإجهاد الذي يتوقف عنده الخط المستقيم من المنحن.

### ٢. إجهاد حد مرونة Elastic limit

هو أقصى إجهاد يمكن أن تتحملة المادة بمرور

الرجوع للبعد الإهليية بعد زوال هذا الإجهاد.

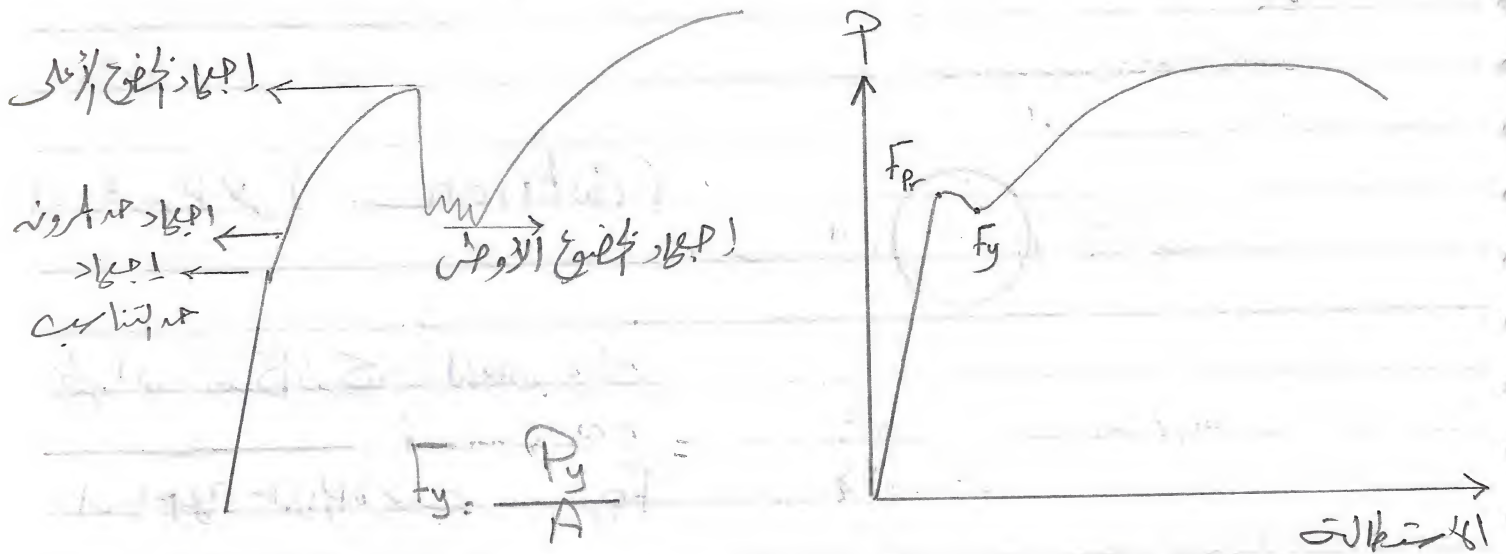
حد مرونة = ٠.٥١ ٪ من طول القياس نسبة صغيرة جداً. ويمكن إهماله في معظم المعادن مثل الصلب المنخفض ومتوسط الكربون

وعلى ذلك فأحياناً يعتبر حد التناسب هو حد مرونة مع إهمال هذا الفرق الصغير وذلك ويمكن تعيينه بطريقة جونسون

### ٣- إجهاد الخضوع Yield stress

إجهاد الخضوع هو الإجهاد الذي يحدث عند زيادة مكوّن في الاستطالة به و به زيادة في الحمل . ان ان الانفعال يزداد به و به زيادة في الإجهاد .

ويتبين لنا ان لكل مقابل ان النقطة التي تمثل بداية الخضوع تسمى إجهاد الخضوع الأعلى ، والنقطة التي يكون عندها أقل إجهاد خضوع تسمى إجهاد الأوطس . وبلا حظ ان إجهاد خضوع الأعلى غير ثابت القيمة للمعدن الواحد وانما يتغير طبقاً لظروف الاختبار مثل سرعة التحميل وغيرها اما إجهاد الخضوع الأوطس هي قيمة ثابتة للمعدن الواحد . لذلك يطلق إجهاد الخضوع للمعدن على قيمة إجهاد الخضوع الأوطس .



المشكل التفرق مع الحال معدن واحد وفيه إجهاد الخضوع الأعلى

مكوّن: لا يوجد إجهاد الخضوع في مواد شبة مصلية وبين التعويض عن إجهاد الخضوع

Proof stress

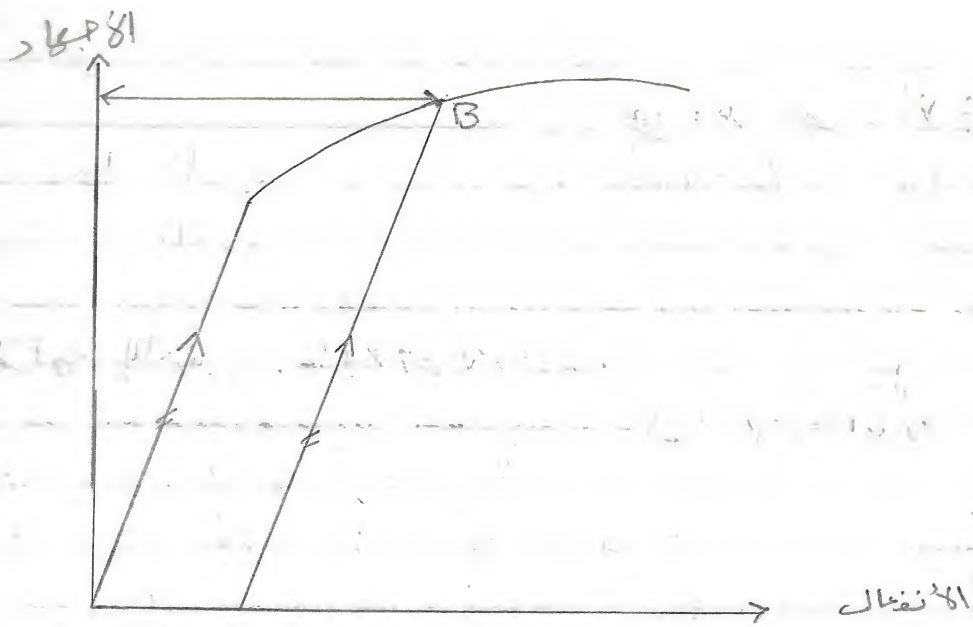
### ٤- إجهاد الصنّان Proof stress

(\*)

هو إجهاد في حدود المرونة للمعادن التي لها خاصية المرونة وليس لها منطقة خضوع . نظراً لوجود خاصية المرونة بهذه المعادن فيانه يلزم معرفة إجهاد يصبر عنه المقاومة في حدود مرونة أو

هو الإجهاد الذي بعد إزالته يتبقى انفعال له انه على المشأ





0.002 of Crage length  
 ٠.٠٠٢ من طول إقناص

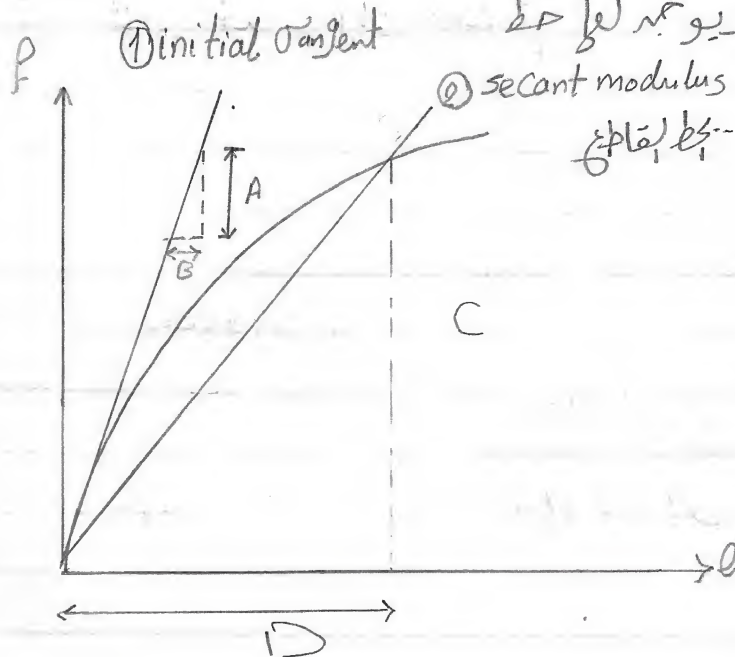
» معنى الأجهاد والانفعال لتقدير إجهاد الصفات

Stiffness: صلابة

في مقاومة المصنع للأستطالة بتحميل تدريجي. مرونة مع إجهاد الانفعال والأجهاد إميل بحظ المستقيم

$$E = \frac{F}{\epsilon}$$

تجيبين معاير المرونة للمعانه التي لا يوجبه لخط



$$E_{I.t} = \frac{A}{B} = \frac{\text{إجهاد}}{\text{انفعال}}$$

$$E_{S.M} = \frac{C}{D}$$

# Ductile Material

٤. أقصى إجهاد Ultimate stress

في أعلى قيمة للإجهاد يمكن لمادة أن يتحملها

$$F_u = \frac{P_u}{A}$$

٥. إجهاد الكسر Fracture stress

في آخر نقطة في المنحنى وعند ما تنكسر المادة

$$F_F = \frac{P_F}{A}$$

النسبة المئوية للامتداد % Elongation

$$\% \Delta = \frac{\Delta_{max}}{L_0} \times 100 = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

النسبة المئوية لتقليل المساحة % Reduction of Area

$$\% A = \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100$$

$A_0$ : مساحة مقطع قبل التحميل  
 $A_F$ : " " مقطع بعد الكسر

معيار المرونة Modulus of Elasticity

يمثل استجابة المادة في الجهد على

أنها تكون تحت الحمل مستقيمة

$$E = \frac{P \times L}{A \Delta L}$$

الرتبة Grade

$$C_{Grade} = \frac{F_y}{F_u}$$

إجهاد الخضوع

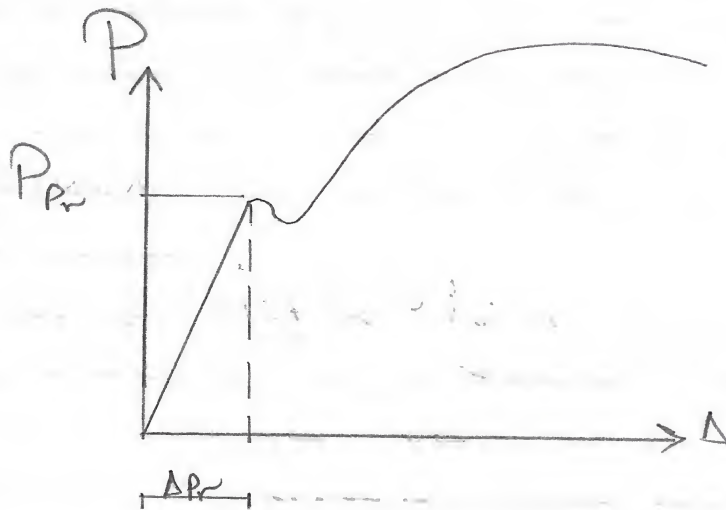
إجهاد الكسر



## الرجوعية (Resilience (R)

في كمية الطاقة التي تمتصها العينة عند  
شدها في حدود مرونة (أي كط استيعاب)  
وتستطيع مازال استرجاعها بعد زوال الحمل «طاقة مضاعفة تمت امتن»

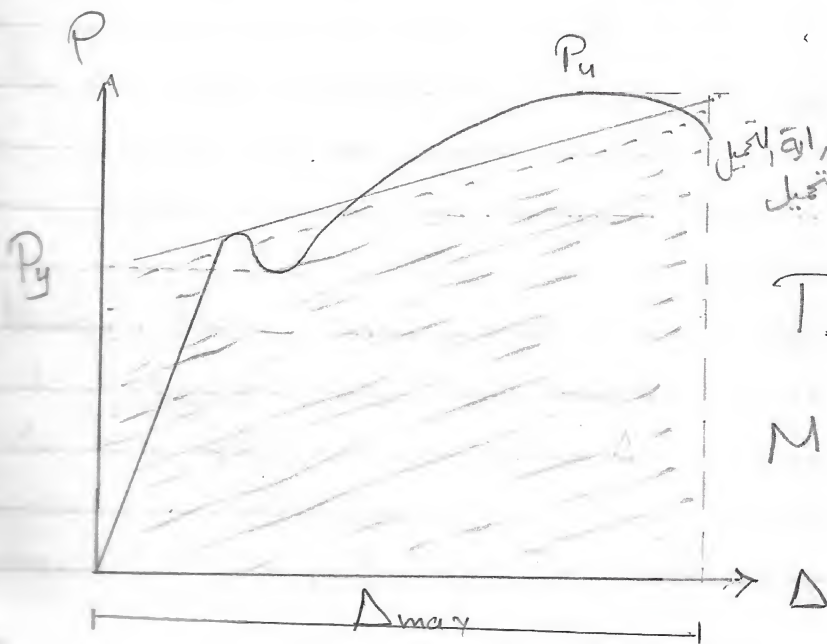
مساحة مثلث  $\Rightarrow R = \frac{1}{2} \times P_{Pr} \times \Delta_{Pr}$  وتسمى الرجوعية بالطاقة المرنة  
والمرونة  $\text{kg.cm}$   
Elastic Energy



معايير الرجوعية: Modulus of Resilience : يساوي قيمة الرجوعية  
مقسومة على حجم عينة الاختبار

$$M.O.R = \frac{R}{Vol} = \frac{R}{A_0 \times L_0} \quad \text{kg.cm/cm}^3$$

## الممانات (Toughness (T



في كمية الطاقة التي تمتصها العينة  
حتى الانهيار، عند تعرضها لحمل شد  
التحميل

$$T = \frac{1}{2} (P_y + P_u) \times \Delta_{max} \quad \text{kg.cm}$$

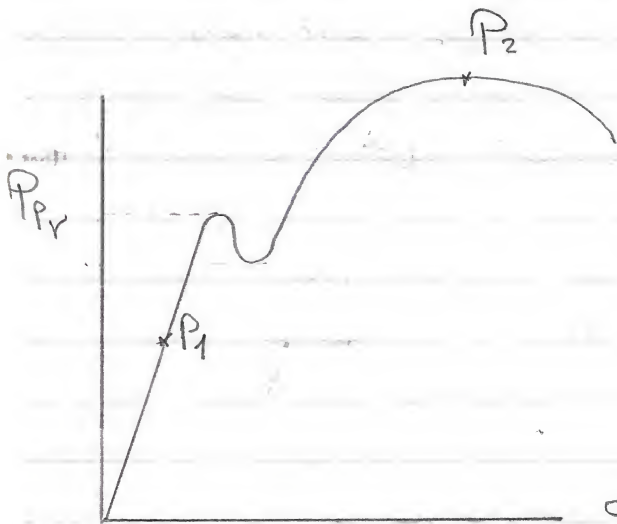
$$M.O.T = \frac{T}{Vol} = \frac{T}{A_0 \times L_0} \quad \text{kg.cm/cm}^3$$

هي الطاقة الكلية التي يتمتع بها الجسم حتى يكسر لوحدة الحجم M.O.T.

Elastic Deformation  
Plastic Deformation

التشكل المرن  
التشكل اللدن

١- التشكل المرن:



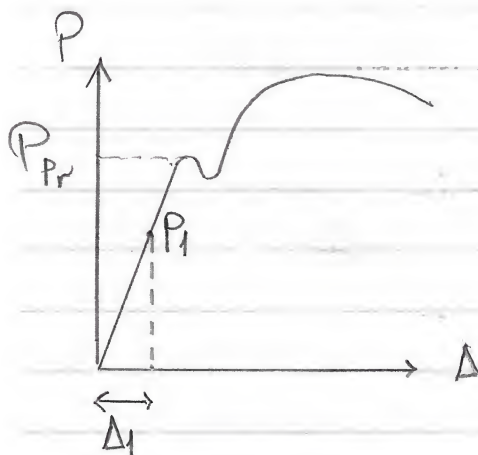
تعود العينة لأبعادها الأصلية  
بعد زوال الحمل "P" منطقة خط مستقيم

٢- التشكل اللدن:

بعد زوال الحمل و P تسترجع العينة جزءاً من  
التشكل وتحتفظ بجزء يسمى الانعطاف اللدن  
" $\Delta_p$ "  $\Delta_{plastic}$

وبالتالي هناك احتمالان

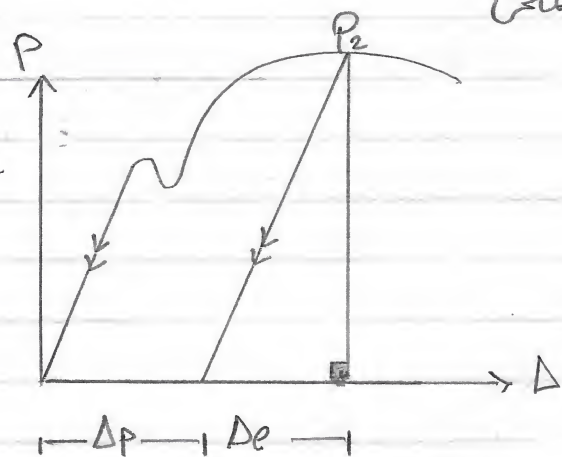
1.  $P_1 < P_{Pr}$



التشكل يحدث بشكل مرن  
تعود العينة لأبعادها بعد زوال الحمل  
 $\Delta_{elastic} = \Delta_e = \checkmark$   
 $\Delta_{plastic} : \Delta_p = 0.0$

2.  $P_2 > P_{Pr}$

بأقي المرن



التشكل يحدث "مرن + لدن"  
١- يتم عمل خط موازي للخط المستقيم  
٢- "خط رأس عمودي على محور Δ"

$\Delta_e = \checkmark$

$\Delta_p = \checkmark$

منه



## Design Stress (إجهاد التصميم)

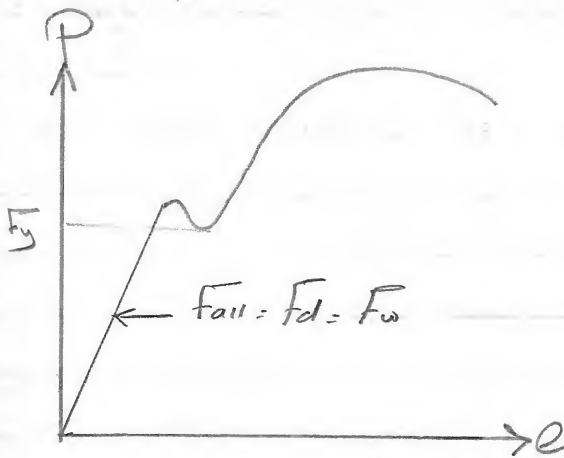
هو الإجهاد الآمن للمنشآت للتصميم عليها بحيث يظل منشأ آمن طوال فترة عمره لذلك يجب أن يكون الإجهاد واقعيًا منطقتي المرونة.

### 1. Ductile Mat (مواد المطيلية)

→ معلومت الإجهاد (الضغط) يمكن الحصول على الإجهاد التصميمي للمادة حيث يؤخذ معامل أمان (Factor of safety)

$$F_{all} = F_d = F_w = \frac{F_y}{F.O.S}$$

$$F.O.S = 1.8 \sim 3$$

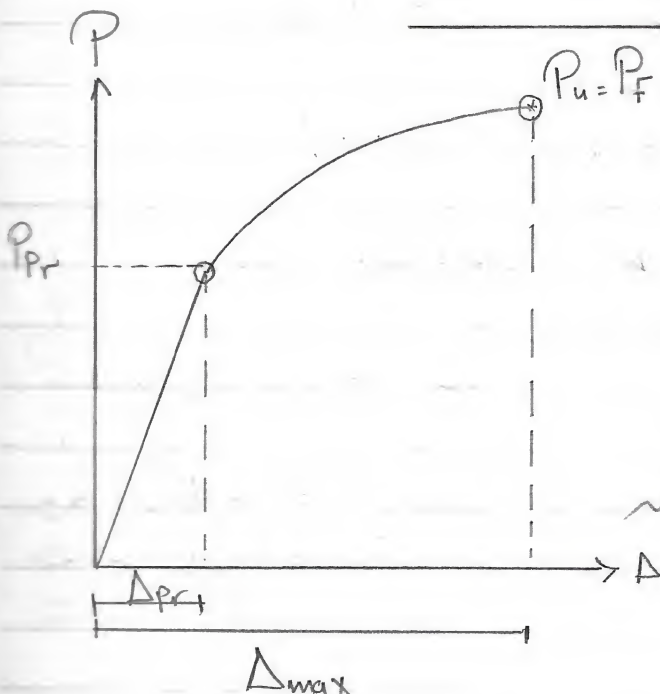


$F_{all}$ : Allowable Stress

$F_w$ : Working "

$F_d$ : design "

### Semi Ductile - Mat.



$$F_{Pr} = \frac{P_{Pr}}{A}$$

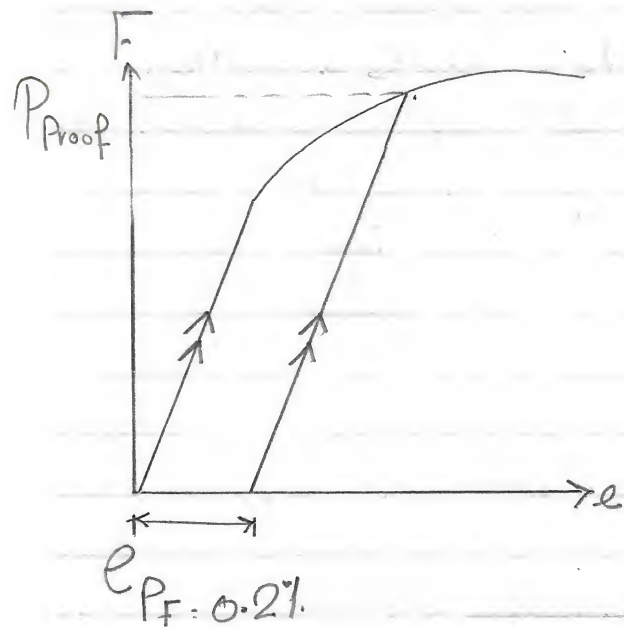
إجهاد حد المرونة

$$P_u = P_F = \frac{P_u}{A}$$

إجهاد الضغط يتم التعويض عنه بإجهاد الضغط

إجهاد الصفيحة Proof. Stress أو الإجهاد البلاستيكي Plastic stress  
 الحتم ما يميز المواد النصف صلبة هو عدم وجود  
 إجهاد انحناء  $F_y$  ويستبدل بالإجهاد ليس إجهاد الصفيحة

هو الإجهاد الذي بعد إزالة يتبقى انفعال له أنه  $e_p$  كنسبة



قريباً للكود الأمريكي. يسمح بانفعال له  
 النسبة  $e_{P_F} = (0.1 \rightarrow 0.5)\%$   
 ويكون عادة  $e_{P_F} = 0.2\%$

→ Design Stress

2-Semi ductile Mat

$$F_{all} = F_d = F_w = \frac{F_{P_F}}{F.O.S}$$

(1.8 ~ 2)

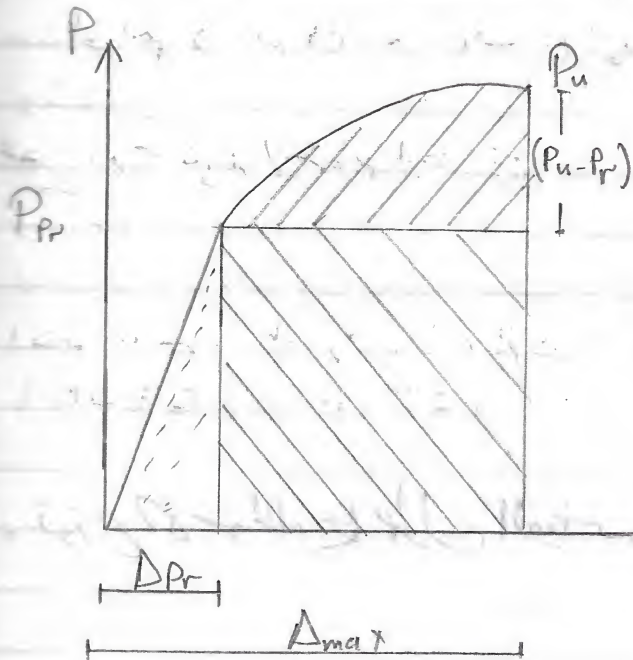
---

Resilience =  $\frac{1}{2} * P_r * \Delta P_r$  ✓ Ductile si



## Toughness (T)

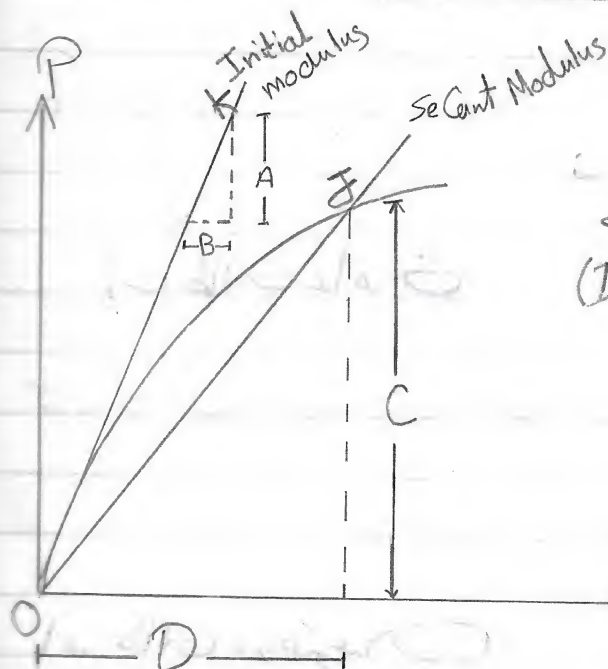
$$T = \Delta + \text{rectangle} + \text{triangle}$$



$$T = \frac{1}{2} \times P_{Pr} \times \Delta_{Pr} + P_{Pr} (\Delta_{max} - \Delta_{Pr}) + \frac{2}{3} (P_u - P_{Pr}) (\Delta_{max} - \Delta_{Pr})$$

$$\therefore M.O.T = \frac{T}{V}$$

## Brittle Materials



أهم ما يميز المواد القصفة في المختبر هو عدم وجود خط مستقيم بعدد من وجود منطقة المرونة

① تقاس مرونة المادة التي لا يوجد لها خط مستقيم بـ (Initial Tangent Modulus) معيار القاسم الأول

2- Se Cant Modulus معيار القاسم الثاني

$$\rightarrow E_{S.M} = \frac{C}{D}$$

هو خط يقطع المخطط في نقطة معلومة ومنه يمكن أكبر الانفعال

1- Initial Tangent

المعيار الأول

O K

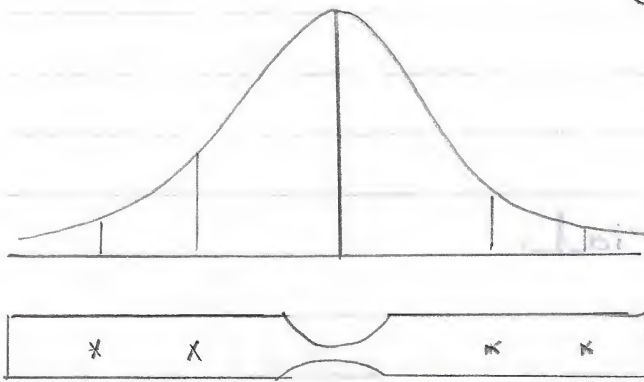
هو الأول ولأن نقطة تقريباً على المخطط حيث يتم حساب معيار المرونة للمعيار الأول مع استقامة

$$\rightarrow E_{I.M} = \frac{A}{B}$$

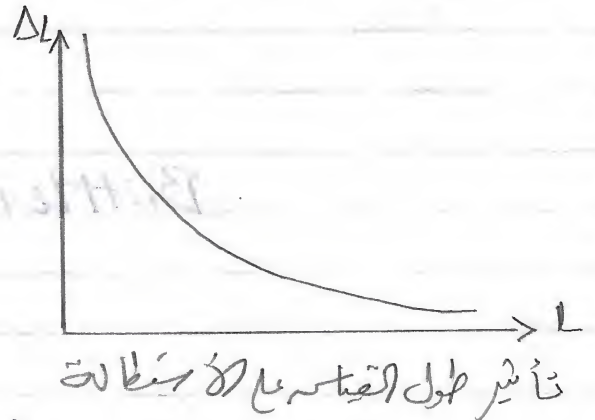
المعيار الثاني  
انفعال

# الاستطالات Elongation

عندما يتم توزيع الاستطالة على جميع المواضع الموضوعة على طول القياس وتكون مقسمة تقسماً متساوياً وإذا كان الحمل يؤثر في حدود المرونة فإنه الاستطالة تكون متساوية ومقسمة.  
وعندما تتعدى الحيز المحملات مناطق المرونة يكون توزيع الاستطالة غير منتظم وتزداد قيم الاستطالة كلما اتجهنا للداخل حيث تكون الاستطالة أكبر عند منطقة حدوث الرقبة ثم تزداد القيم حتى الكسر للحيز ليصفه انحنى استطالة عند الكسر



\* توزيع الاستطالة على طول القياس للصلب



١- معادلة الاستطالة

→ General Elongation

استطالات عامة

$$\Delta L_1 \propto L_0$$

$L$ : طول الحيز

كما زاد الطول زادت الاستطالة

استطالات موضعية

تتوقف الاستطالة الموضعية على مدى حدوث الرقبة التي تسبب في هذه الاستطالة وتتأثر تردد مع انحنى التزيق للمادة

$$\Delta L_2 = \beta \cdot \sqrt{A_0}$$

$A_0$ : مساحة الأصلية للمقطع



معادلات الاستطالة الكلية

$$\Delta L_{\text{Total}} = \Delta L_1 + \Delta L_2 =$$

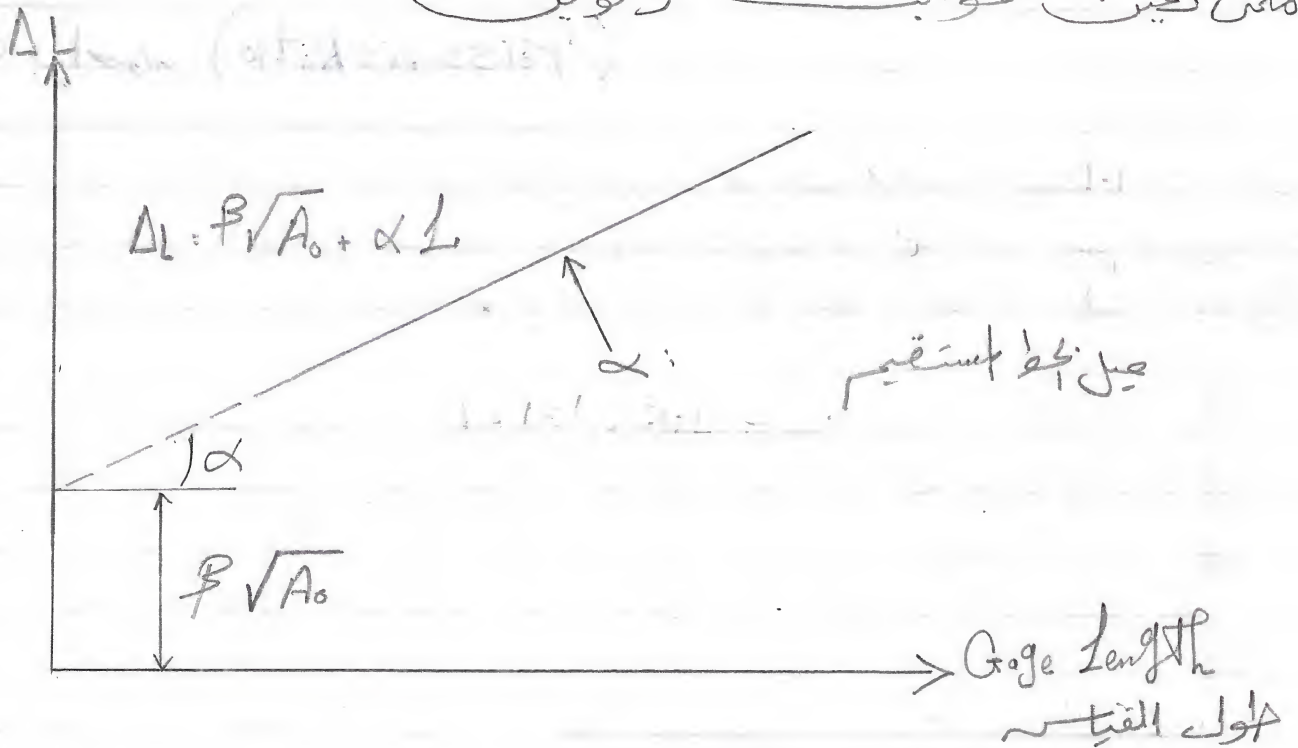
$$\Delta L_{\text{Total}} = \alpha L_0 + \beta \sqrt{A_0}$$

وتكون النسبة المئوية للاستطالة كما يلي

$$\text{Elongation \%} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \frac{\alpha L_0 + \beta \sqrt{A_0}}{L_0} \times 100$$

حيث  $\alpha$  و  $\beta$  ثوابت أنوية (unwin's constants)

من أجل تعيين ثوابت أنوية



## ٢. العينات القياسية للاختبار

متمملاً في جذر مساحة  $\sqrt{A}$  وطول  $L$  وتنتهي المواصفات القياسية لهرية على تثبيت نسبة  $\frac{\sqrt{A}}{L}$  في جميع الاختبارات حتى تتوقف المتولية على نوع المادة

وقد اعتبرت المواصفات القياسية لحرية الاختيار للامان كما يلي

$$L = 5.65 \sqrt{A_0} \quad \text{العينات القصيرة}$$

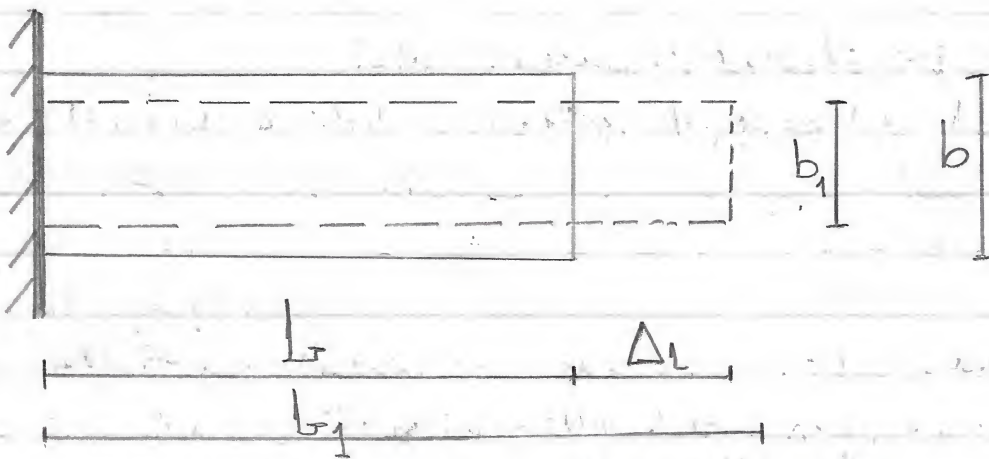
$$L = 11.3 \sqrt{A_0} \quad \text{الطويلات}$$

وذلك يؤدي في حالة العينات ذات القطاعات المستديرة الى

$$\begin{aligned} L &= 5d_0 & \text{العينات القصيرة} \\ L &= 5d_0 : 10d_0 & \text{المتوسطة} \\ L &= 10d_0 & \text{الطويلة} \end{aligned}$$

نسبة بواسون (Poisson's Ratio)

عندما تتعرض عينة معدنية لقوة شد محورية فإنها أكثر استطالة في اتجاه قوة الشد ويقلص في العرض في كل من الاتجاهين المتعامدين مع اتجاه قوة الشد. ويتم تعيين قيمة الانفعال في الاتجاه الطولي والانفعال العرضي



نسبة بواسون  $\mu$

$$\mu = \frac{\text{الانفعال العرضي } \epsilon_b}{\text{الانفعال الطولي } \epsilon_L} \quad (M)$$

$$\epsilon_b = \frac{b_1 - b}{b} \quad \epsilon_L = \frac{L_1 - L}{L}$$

$$0.0 \leq \mu \leq 0.50$$



تتراوح قيمة نسبة بواسون للفلب المواد ٢٥ : ٣٦. تكون حوالي ٢٩. واحد الصلب.  
وتكون قيمتها لمعظم المواد المعدنية ٥٠.

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

← نسبة بواسون في حدود المرونة

E : معيار المرونة

G : معيار الجساءة

μ : نسبة بواسون

العوامل المؤثرة على خواصه بشرط المعاداة  
عوامل تؤثر على خواصه ليكاننيكية

١- الانفعال الزائد :

تعني تحميل العينات في الشد فوق مرونة ثم إزالة الحمل ثم إعادة التحميل ثانياً. يلاحظ زيادة حد التناسب وقيمة إجهاد الخضوع مع حالة التحميل الأولى. (أي أنه قد نتجت زيادة في تحميل وحدة في منطقة المرونة)

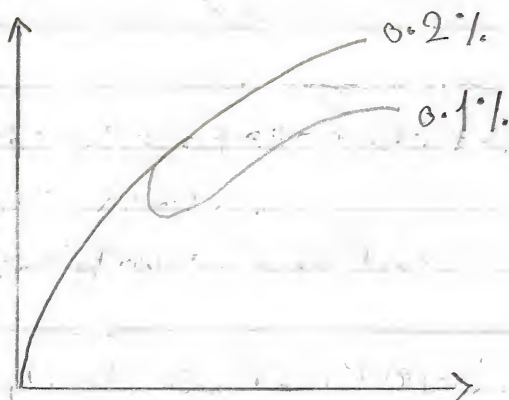
تساهم ظاهرة الانفعال الزائد في تحسين ظروف الأجهادات الناشئة المختلفة مثل السلاسل والكابلات والوسائد التي يتم تعريفها إلى إجهاد ضمانة ثم يتم رفع التحميل بعد نيل الحد التصميمي وقبل الاستخفاف لتجنب المرونة

٢- التشغيل على البارد :

هو تحميل المعدن فوق حد مرونة ثم إعادة تحميله مرة أخرى ويرجع من حالات الانفعال الزائد لأنه يمنع عنه أحسن في قيمة حد التناسب وقيمة إجهاد الخضوع ومقاومة الشد ويحتاجه نقص في الممتد وزيادته أيضاً في خواصه الصلابة والرجوعية وتغير حالات التشغيل على البارد في أحسن خواصه بشرط للكابلات

٣- محتوى الكربون :

تأثر خواصه بشد في المعاداة بالزيادة أو النقصان محتوى الكربون بالمعدن. أي كلما زاد محتوى الكربون زادت مقاومة الشد وإجهاد حد التناسب وقلت الممتدولية



٤. > درجة الحرارة ::

إذا زادت درجة الحرارة المعادن من ٢٥.٠ فإن مقاومة الشد ومعايير المرونة تقل بينما تزداد الممتطولية حيث أن مقاومة الشد تناسب عكسياً مع درجة الحرارة الممتولية " زيادة

٥- سرعة التحميل أثناء الاختبار ::

زيادة سرعة التحميل تزيد من مقاومة الشد وتقلل الممتطولية أما المعادن القصفة فلا تتأثر كثيراً بسرعة التحميل

٦- مدى التحميل في درجات الحرارة العالية ::

تسبب مدى التحميل في درجات الحرارة العالية نقصاً في مقاومة الشد

٧- المعاملات الحرارية ::

تأخذ شكلاً متعدد منها

• التخمير والمراجعة : أحسن من مقاومة الشد والخصوع والممتطولية حيث أنها تزيل الأجهادات المتخلفة من المعادن

• التقسية : هي تسخين المعدن وتبريده فجائياً وتزيد من مقاومة الشد وتقلل من الممتطولية

• التلبيد : أحسن كثيراً من مقاومة الشد والممتطولية



٨- حرق الإنتاج:

تشكيل المعدن بالدفقة أو لسحب على الساخن تجعل خواصه مختلفة تماماً على حالات تشكيل بالدفقة أو السحب على البارد حيث تزداد مقاومة الشد والرجومية والصلابة وتقل نسبة الممتطية عند التشكيل على البارد عنما عند التشكيل على الساخن.

٩- نسبة الأختانات للمعدن الأصناف في الحسابات: حيث أنه إذا أضيف معدن أو معدن إلى المعدن الأصلي لتكوين سبيكة جديدة فإن خواصها في الشد تختلف تماماً عن المعدن الأصلي.

١٠- شكل مقطع الأختبار: يؤثر شكل مقطع الاختبار على خواص الشد في معدنه. حيث يعطى المقطع مستدير مقاومة أكبر من المقطع مستطيل.

١١- المقاومة النوعية للشد: يلزم عند تصميم المنشآت والمكينات أن تتوافر في معدنه استخدامات أنه تكون لها مقاومة مناسبة مع قوة إختفاء الوزن. وفي أمثلة ذلك أعمال الطائرات؟ ولذلك يفضل في هذه الحالة المعدن الذي له أكبر مقاومة شد لوحدة الوزن وتسمى هذه الخاصية وهي مقاومة الشد لوحدة الوزن بالمقاومة النوعية للشد (٢٢٥٧٦) (٦٩٦).

## Examples

1. A tension test was Performed on steel Specimen having a gage length of 18 Cm. The Test result are recorded as follows: and Cross section diameter of 18mm

Load (t)	4.0	6.25	9.0	8.25	10	11.25	13.25	13.75	12.5	10
Elongation (mm)	0.08	0.125	0.18	1.125	5.0	11	20	30	37.5	42.5

Plot Complete Load - extension graph and determine the following

- |                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| 1- ProPortional Limit Stress | 2- Yield Stress     |
| 3- M.O.E                     | 4- Tensile Strength |
| 5- Elongation Percentage     | 6- M.O.R            |
| 7- M.O.T                     | 8- Design Stress    |

## Answer:-

1- ProPortional Limit Stress ( $F_{pr}$ )

$$A = \frac{\pi}{4} 1.8^2 = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$F_{pr} = \frac{P_{pr}}{A} = \frac{9}{2.54} = 3.54 \text{ t/cm}^2$$

2- Yield Stress ( $F_y$ )

$$F_y = \frac{P_y}{A} = \frac{8.25}{2.54} = 3.25 \text{ t/cm}^2$$

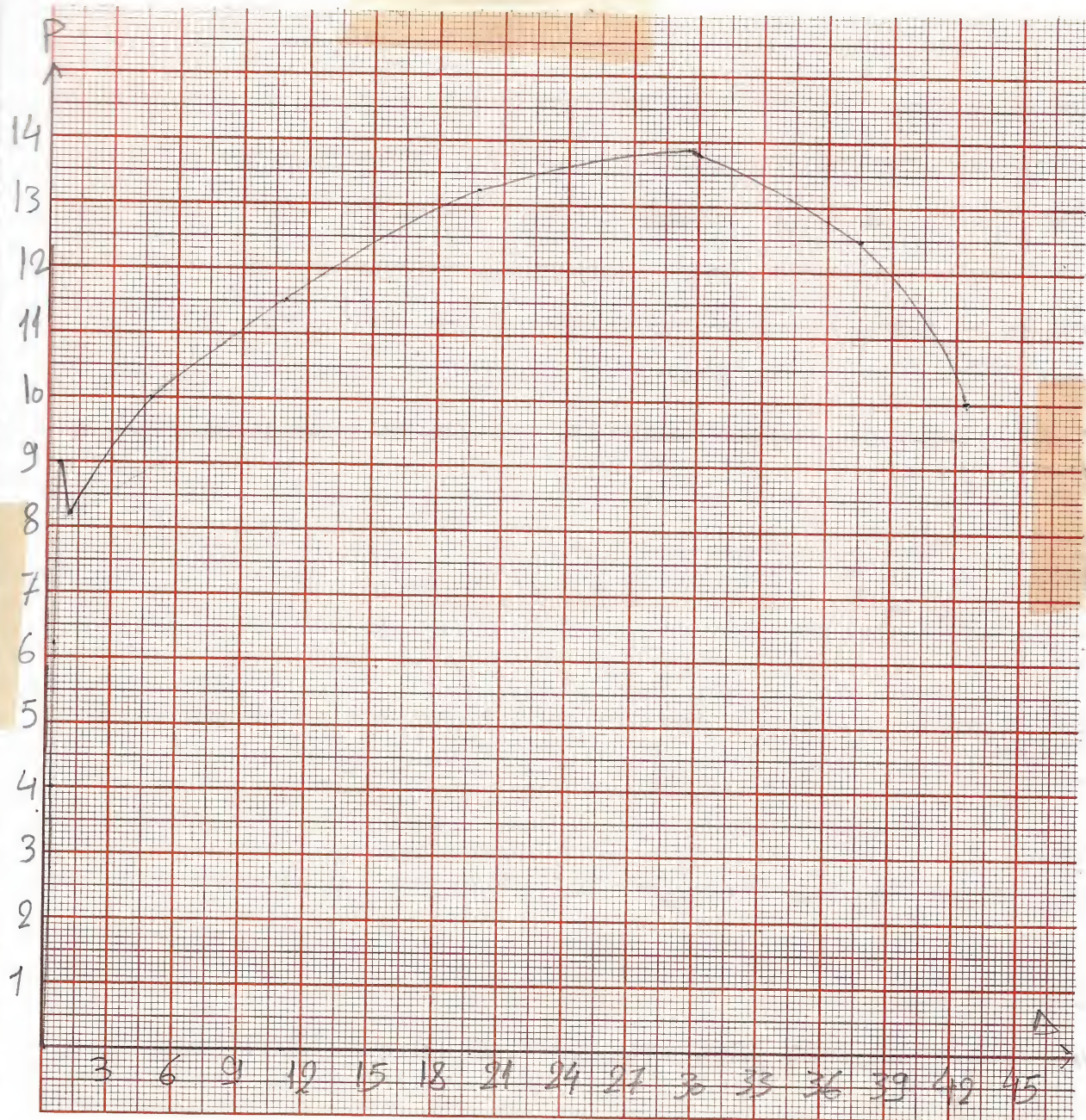
3- M.O.E

(حجماء في الكرون)

$$M.O.E = \frac{P \times L}{A \times \Delta L} = \frac{4 \times 18}{2.54 \times 0.008} = 3543 \text{ t/cm}^2$$

لاحظ: يتم الاستفاد من الوتيرة في الجداول والتحويل للوحدات كما في





4. Tensile Strength : أقصى إجهاد تتحمله المادة قبل انكسارها (Ultimate Stress)

$$F_u = \frac{P_u}{A} = \frac{13.75}{2.54} = 5.41 \text{ t/cm}^2$$

5. Elongation Percentage :

$$\frac{\Delta L_{max}}{L_0} \times 100 = \frac{4.25}{18} \times 100 = 23.61\%$$



6. M.O.R

$$R = \frac{1}{2} \times 9 \times 0.018 = 0.081 \text{ t.cm}$$

$$\therefore \text{M.O.R} = \frac{0.081}{18 \times 2.54} = 0.00177 \text{ t/cm}^2$$

---

7. M.O.T

$$T = \frac{1}{2} (8.25 + 13.75) \times 4.25 = 46.75 \text{ t.cm}$$

$$\therefore \text{M.O.T} = \frac{46.75}{18 \times 2.54} = 1.022 \text{ t/cm}^2$$

---

8. Design Stress

$$F_{all} = \frac{F_y}{3} = \frac{3.25}{3} = 1.08 \text{ t/cm}^2$$

Attempt 2 design

2. Rotational Power of the



2. A tension test was performed on a <sup>wt</sup>brass specimen having a gage length of 4.0 cm and cross-sectional area of  $1.0 \text{ cm}^2$ . The recorded test results are as follow

Load (ton)	0.5	0.60	1.0	1.5	2.0	2.45	2.75	3	3.22
Elongation (mm)	0.0125	0.015	0.025	0.0375	0.05	0.1	0.15	4.25	8.4

Determine the following

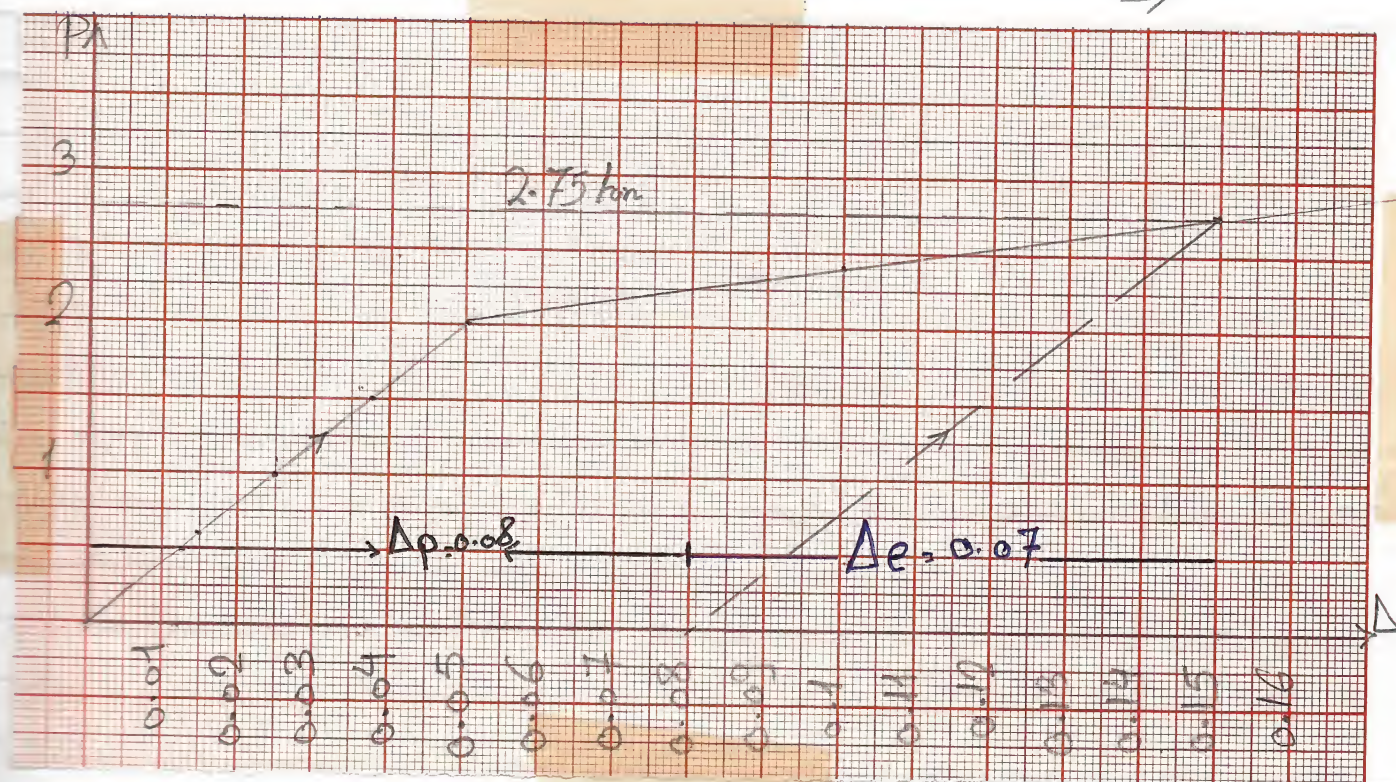
1. Tensile Strength
2. 0.2% Proof Stress
3. Modulus of Elasticity
4. Resilience
5. Material Type expected
6. if the specimen is unload at 2.75 ton, what would be the expected length and cross section area

Answer

A.  $1 \text{ cm}^2$

1. Tensile Strength:  $F_u = \frac{3.22}{1} = 3.22 \text{ t/cm}^2$

2. 0.2% Proof Stress:  $\frac{0.2}{100} \times 4 \times 10 = 0.08 \text{ mm}$   $\Rightarrow \Delta = e \times l_0$









4. Resilience  $\frac{1}{2} \times 2 \times 0.05 = 0.05 \text{ t} \cdot \text{mm}$

5. Material Type: Semi ductile Material

6.

$P = 2 \text{ ton}$  أولاً يتم تحديد الحمل بالنسبة لحمل التصميم

(  $P = 2.75 > P_{Pr}$  ) وبالتالي وجوده في منطقة اللدونة

$\Delta P = 0.08$   $\Delta e = 0.07$  من الرسم

$\checkmark L_F = L_0 + \Delta P = 4 + \frac{0.08}{10} = 4.008 \text{ cm}$

$\therefore$  الحجم بعد التحميل = الحجم قبل التحميل

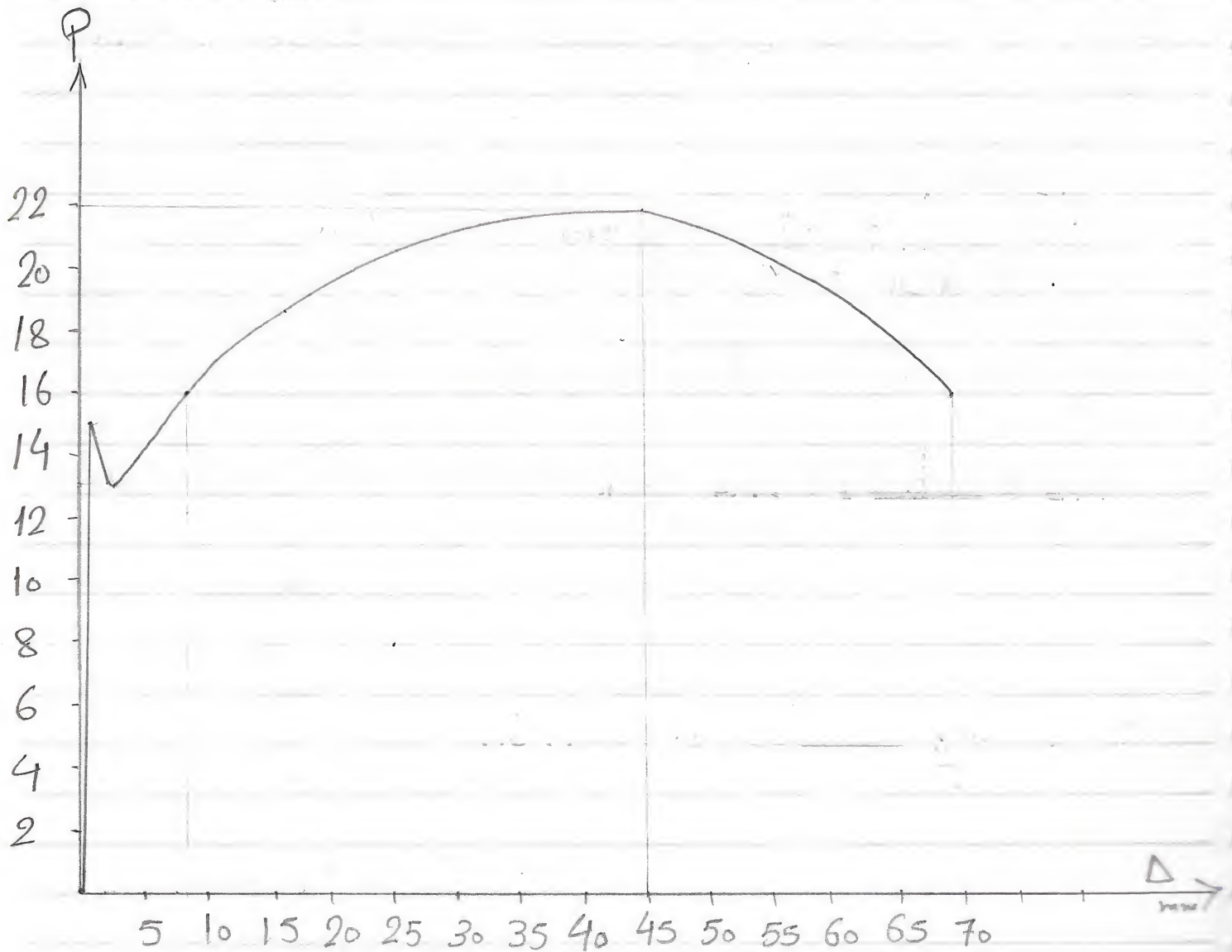
$$A_0 \times L_0 = A_F \times L_F$$

$$1 \times 4 = A_F \times 4.008$$

$\checkmark A_F = 0.998 \text{ cm}^2$

3. A tension test was performed on a steel specimen with hollow cross section (outer diameter = 3.0 cm & inside diameter = 1.50 cm) and gage length = 25 cm. The load  $P$  was applied and elongation ( $\Delta$ ) was recorded. The data of load  $P$  and elongation ( $\Delta$ ) are given

Load (ton)	0.0	6.0	10.0	14.0	15.0	13.2	16.0	18.8	21.2	22.0	20.0	16.0
$\Delta$ (mm)	0.0	0.15	0.25	0.35	0.40	2.20	8.0	17.0	32.0	45.0	60.0	68.0

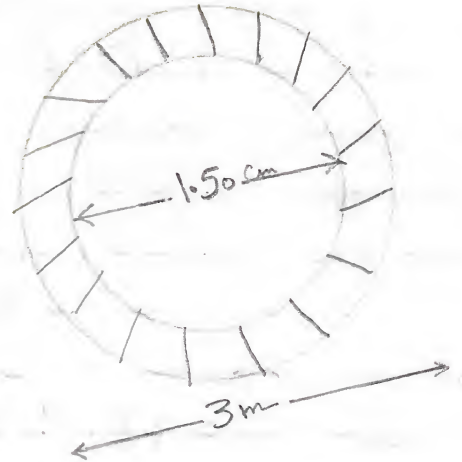




1. Yield Stress  $F_y$

$$F_y = \frac{13.2}{5.3} = 2.5 \text{ t/cm}^2$$

$$\text{Design stress} = \frac{2.5}{3} = 0.83 \text{ t/cm}^2$$



$$A = \frac{\pi}{4} (3^2 - 1.5^2) = 5.30 \text{ cm}^2$$

2. Modulus of Elasticity

$$E = \frac{6 \times 25}{5.30 \times 0.015} = 1886.8 \text{ t/cm}^2$$

3. Proportional Stress

$$F_{Pr} = \frac{15}{5.3} = 2.8 \text{ t/cm}^2$$

4. Ultimate Tensile stress

$$F_u = \frac{22}{5.3} = 4.15 \text{ t/cm}^2$$

5. Modulus of Resilience

$$M.O.R. = \frac{\frac{1}{2} \times 15 \times 0.04}{5.3 \times 25} = 0.0022 \text{ t/cm}^2$$

## 6. Elastic and Plastic elongation at Loads 10.0 and 18.8 t

1-  $P = 10 \text{ ton}$

$$P_{Pr} > P = 10$$

تغير الشدة :.

$$\therefore \Delta e = 0.40 \text{ mm} \quad \Delta p = \text{Zero}$$

2-  $P = 18.8 \text{ ton}$

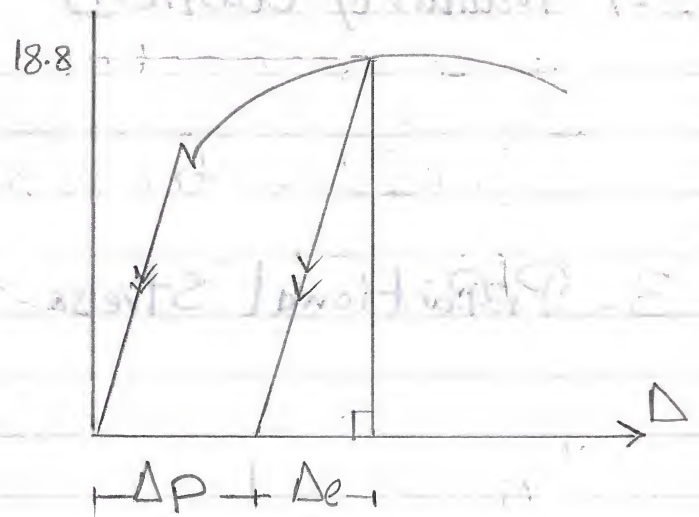
$$P_{Pr} < P = 18.8$$

تغير الشدة :.

$$\frac{6}{0.15} = \frac{18.8}{\Delta e}$$

$$\Delta e = 0.47 \text{ mm}$$

$$\Delta p = 17 - 0.47 = 16.53 \text{ mm}$$



## 7- Ductility

1- % elongation. =  $\frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \frac{6.8}{25} \times 100 = 27.2\%$



2. Reduction of Area  $\frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100$

$$\frac{6}{0.15} = \frac{16}{\Delta e}$$

$$\Delta e = 0.4$$

$$\Delta p = 68 + 0.4 = 67.6 \text{ mm}$$

$$L_F = L_0 + \Delta p$$

$$25 + 6.76 = 31.76 \text{ cm}$$

$$\text{قبل Vol} = \text{بعد Vol}$$

$$A_0 \times L_0 = A_F \times L_F$$

$$5.3 \times 25 = A_F \times 31.76$$

$$A_F = 4.17 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \% \text{ Reduction of Area} = \frac{5.3 - 4.17}{5.3} \times 100 = 21.3\%$$

4- أجريت اختبار الشد على عينتين من الصلب (Type A) قطر كل منهما  $D = 12 \text{ mm}$  فكانت النسبة المئوية للامتدادية لأطوال قياسها 50 و 100 بـ 30% و 25% على التوالي.

وأجريت اختبار مماثل لعينة من الصلب (Type B) لها نفس القطر وطول قياسها 120 فكانت النسبة المئوية للامتدادية 22% حسب ثوابت التولين للصلب (Type A) ثم حدد أي النوعين من الصلب أكثر مصلوابة.

Answer:

$$D = 12 \text{ mm}$$

Material: A

$$\begin{array}{ll} L_1 = 50 & 30\% \\ L_2 = 100 & 25\% \end{array}$$

$$L_1 = 5 \times 12 = 60 \text{ mm}$$

$$L_2 = 10 \times 12 = 120 \text{ mm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \% \text{ Elongation} = \frac{\Delta L}{L} \times 100 \\ \Delta L = \frac{\% \text{ Elongation} \times L}{100} \end{array} \right.$$

$$\Delta L_1 = \frac{30 \times 60}{100} = 18 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = \frac{25 \times 120}{100} = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta L = \alpha L_0 + \beta \sqrt{A_0}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$18 = 60\alpha + 10.63\beta \rightarrow \textcircled{1}$$

$$\sqrt{A} = 10.63 \text{ mm}^2$$

$$30 = 120\alpha + 10.63\beta \rightarrow \textcircled{2}$$



$$+12 = +60\alpha$$

$$\alpha = 0.2$$

$$\beta = 0.564$$

ثوابت انوية

Material: B

$$L_3 = 12D$$

$$L_3 = 12 \times 12 = 144 \text{ mm}$$

$$\Delta L_3 = \frac{22 \times 144}{100} = 31.68 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{1}$$

لحسب الأمتالة لعينة من الصلب (A) طول قياسي يساوي طول قياسي  
العينة المختبره من الصلب (B)

$$\Delta L_3 = 0.2 \times 144 + 10.63 \times 0.564 = 34.8 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{2}$$

من قيم الأمتالة نجد ان امتالة الصلب A اكبر من امتالة B

## Grades of steel Reinforcement

درجات الحديد المسلح

$$\text{Grade} = \frac{F_y}{F_u}$$

Ex:

5. A Commercial Tensile Test was Carried out on a steel. Specimens of a 12 mm diameter and a 12 cm gage length. The Following data were obtained
- Yield Load 4500 Kg
  - Ultimate Load 6400 Kg
  - Maximum elongation 20 mm =  $\Delta_{max}$

\* Determine The grade of This Steel according to E.S.

Grade	Yield stress N/mm <sup>2</sup>	Ultimate strength N/mm <sup>2</sup>	% Elongation	Shape
240 / 350	240	350	20	(شريط) معدن
280 / 450	280	450	18	
360 / 520	360	520	12	شريط معدن (مطوي)
400 / 600	400	600	10	

Answer

$$D = 12 \text{ mm}$$

$$L = 12 \text{ cm}$$

$$\therefore A = \frac{\pi}{4} (1.2)^2 = 1.13 \text{ cm}^2$$



\* Yield stress =  $\frac{4500}{1.13} = 3982 \text{ Kg/Cm}^2 \times \frac{10 \text{ N}}{10^2 \text{ mm}^2} = 398.2 \text{ N/mm}^2$

\* Ultimate Stress =  $\frac{6400}{1.13} = 5663.7 \text{ Kg/Cm}^2 \times \frac{10}{10^2} = 566.37 \text{ N/mm}^2$

\* % Elongation =  $\frac{2}{12} \times 100 = 16.6 \%$

\* بالمقارنة بمرود المواصفات المصرية

Grade is 360

\* الاختبارات الأساسية لقبول أو رفضه حسب التسليم

1- اختبار الشد التجارى Commerical Tensile Test

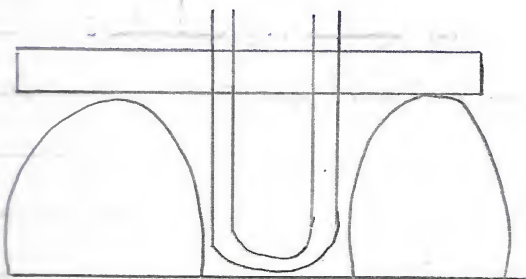
يتم تعيين خواص ميكانيكية الرئيسية للصلب (اجهاد الشد) - مقاومة الشد - النسبة المئوية للاستطالة) ←

\* اختبار شحذ كتلاقي :

يتم فيه رسم العلاقة بين الحمل والاستطالة، والاحتياج جميع خواص ميكانيكية للصلب (اجهاد شد التناحيه - معايير لمرور - اجهاد الشد - مقاومة الشد - اجهاد الكسر - معايير الرجوعية - معايير متانة)

Cold bend test

2- اختبار الشد على الكبار :



في هذا الاختبار يتم الحزم على مظهرية الصلب وهو اختبار قبول أو رفضه وفيه يتم تحميل العينة كما بالشكل حتى يتحول شكل العينة إلى شكل حرف U (يتم)

أكملها من يتوانى طرفيها فإذا ظهرت شقوق في العينة يتم رفضه العينة)



## Chemical analysis

## التحليل الكيميائي

يتم عمل اختبار التحليل الكيميائي للتأكد من انه العناصر المكونة للصلب في حدود القيم المسموح بها. على سبيل المثال:  
 جلب رتبة 36/52 وطلب 40/60 لانتزير نسبة الكربون عن 45% والانتزير نسبة الكبريت والفسفور عن 6%

Ex:6

A steel member of 300 cm length, The member is subjected to an axial Tensile Load of 20 ton. Determine the diameter of the bar and Corresponding elongation if the steel grade is 360/520 and modulus of Elasticity 2000 t/cm<sup>2</sup> and the allowable deformation is 0.2 cm (Assume the Suitable Factor of safety)

Answer

$$L = 300 \text{ cm} \quad P = 20 \text{ ton} \quad \text{Grade} = \frac{360}{520}$$

$$E = 2000 \text{ t/cm}^2 \quad \Delta L_{all} = 0.2 \text{ cm} \quad F.O.S = 2$$

$$\text{Req: } D = \dots ??$$

$$1. \text{ From Grade } \therefore F_y = 360 \text{ N/mm}^2 \quad F_u = 520 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore F_{all} = \frac{360}{2} = 180 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore F_{all} = \frac{P_{all}}{A_1} \quad A_1 = \frac{20 \times 10000}{180} = 1111.11 \text{ mm}^2$$

$\text{N} \xleftarrow{10} \text{ Kg} \xleftarrow{1000} \text{ t}$

$$\therefore A_1 = 1111.11 \text{ mm}^2$$



$$2 - \Delta_{all} = 0.2 \Rightarrow \epsilon = \frac{P \cdot L}{A \cdot \Delta_L} = A_2 = \frac{20 \times 300}{2000 \times 0.2} = 15 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_2 = 1500 \text{ mm}^2$$

المساحة المتبقية في الخواص المذكورة

$$D \Rightarrow A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad D = 43.7 \text{ mm}$$

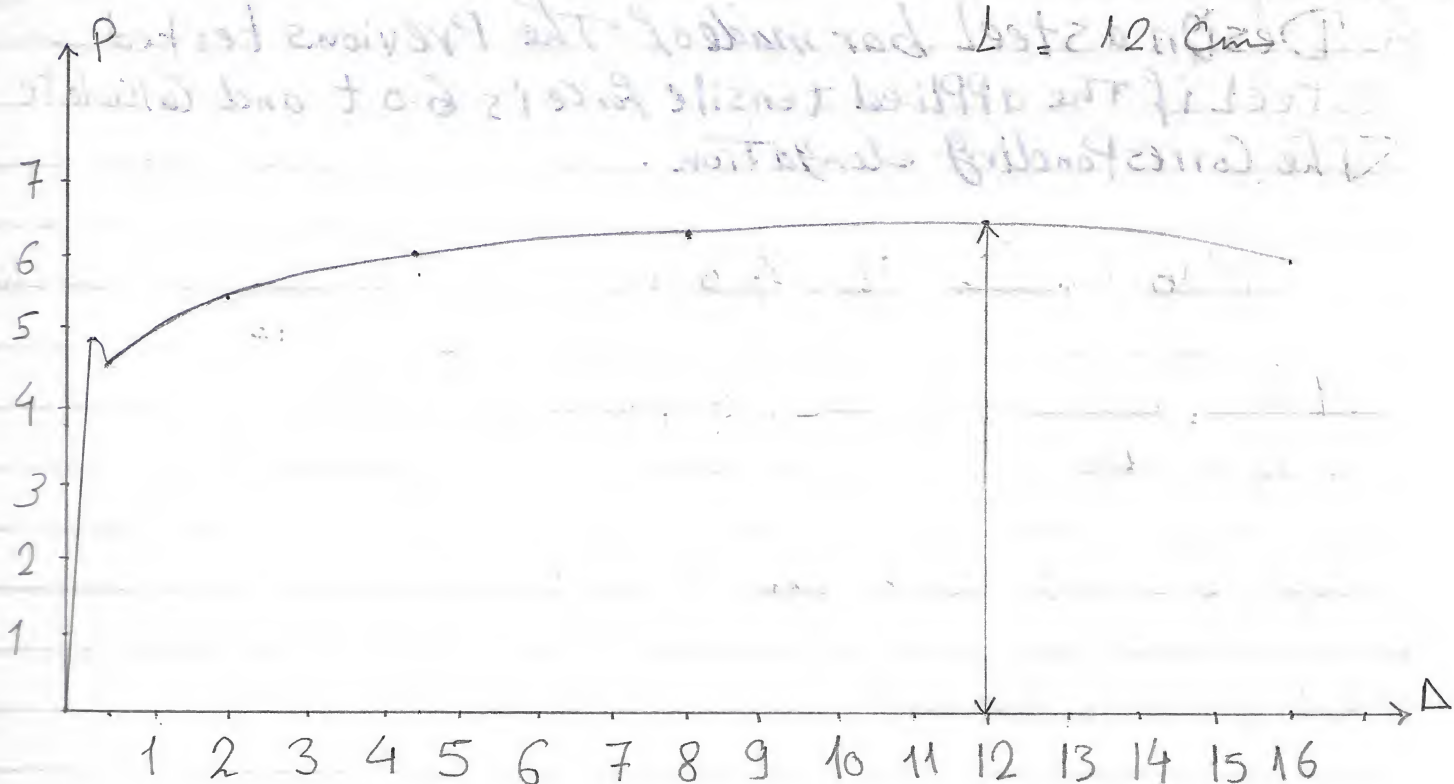
Ex: 7

A tension test was Performed on a steel Specimen having a gauge Length of 12 Cm and Cross sectional diameter of 12mm the test result are recorded as Follows

Load (ton)	0	1.5	3	4.5	4.8	4.6	5.5	5.7	6.3	6.5	6
Elongation (mm)	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.45	2	4.4	8	12	16

\* Draw the strain - stress Curve

$$A = 113 \text{ mm}^2 = 1.13 \text{ cm}^2$$



determine The following:-

1- Modulus of elasticity =  $\frac{1.5 \times 12}{1.13 \times 0.008} = 1991.15 \text{ t/cm}^2$

2- Tensile Strength =  $\frac{6.5}{1.13} = 5.75 \text{ t/cm}^2$   
 $575 \text{ N/mm}^2$

3- Elongation Percentage =  $\frac{1.6}{12} \times 100 = 13.33\%$

4- Grade of steel =  $\frac{F_y}{F_u} = \frac{4.6}{1.13} = 4.1 \text{ t/cm}^2$

$\therefore \text{Grade} = \frac{410}{575} \Rightarrow 36/52 \text{ } 410 \text{ N/mm}^2$

5- if this is 36/52 grade steel with minimum elongation 12% according to The Egyptian specification, does this specimen satisfy The specification? Yes, satisfy

6- Design a steel bar made of The previous tested steel if The applied tensile force is 6.0 t and Calculate The corresponding elongation.

$$P = 6 \text{ ton} > P_{pr} = 4.8 \text{ ton} \quad \left. \vphantom{P = 6 \text{ ton}} \right\} F = \frac{6}{1.13} = 5.30 \text{ t/cm}^2$$

$$\frac{4.8}{0.32} = \frac{6}{\Delta e} \quad \Delta e = 0.4 \text{ mm}$$

$$\Delta p = 6 - 0.4 = 5.6 \text{ mm}$$

$$\text{Elongation} = 13.33\%$$

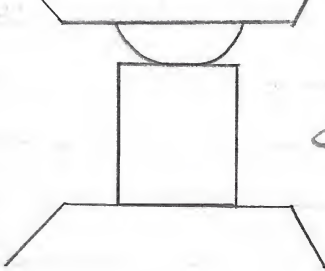


## الباب الثالث سلوك المواد الهندسية تحت تأثير الضغط

### الخبر من اختبار الضغط

إن اتجاه الحمل يؤثر لاختبار الضغط ما هو إلا حالة عكسية لا اتجاه الحمل في اختبار الشد ويستخدم الضغط عادة كإشارة لقبول مواد غير المعدنية مثل الخرسانة والحجارة والأخشاب. واختبار الضغط نادراً ما تنهه عليه المواصفات القياسية لقبول المواد المعدنية **نظراً** لأنه اختبار إشراف للمعادن يعطى الخواص اللازمة والهامية عن تلك المواد وإذا استخدم اختبار الضغط للحكم على المواد فإنه يعين هذه المقاومة القموية للضغط فقط. الخبر من الأساس من إجراءات الضغط للمواد المعدنية والغير معدنية هو بيان خواص الميكانيكية لهذه المواد في الضغط، فمثلاً في المواد المطيلية تمكن من تعيين بعض الخواص مثل إجهاد الخضوع والرجوعية والمرونة. أما بالنسبة للمواد القصفة فيتم تعيين مقاومتها للضغط القموي.

### المغويات والعوامل التي تجعل نتائج الضغوط دقيقة

المشاكل	الحلول
① التأثير على الضغط يجب أن يكون محورياً ولكن يصعب تحقيق التأثير المحوري على العينات أثناء الاختبار	<p>خبط محور العينات مع محور ماكينة الاختبار بحيث عدم حدوث عزوم خارجي ونستخدم مركز كروي ويجب أن يكون سطح العينات المختبرية متوازيين وعموديين على محور العينات</p> 
② تواجد الاحتكاك بين سطح رأسه ماكينة الاختبار وبينه على نهايتي العينة المختبرية	<p>يجب وضع طبقات من الشحم أو الزيت لعدم تركيز الإجهادات</p>



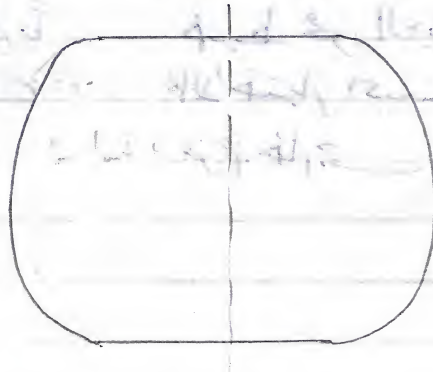
- ③ عدم الأثران المذكر للعينات المختبرة في التحميل بالضغط إذا ما قرنت بالتحميل في أكثر لذلك أكبر أنه تكون العينات المختبرة استطوانية الشكل وذلك لضمان توزيع التحميل منتظماً على سطح قطاع قاعدة العينات
- ④ الحجم النسبي لمساحة مقطع العينات المختبرة في الضغط يحدث إزاحة للعينات أثناء التحميل، ويتسبب ذلك في ضرورة توليد ماكينات ذات سرعة عالية أو استخدام عينات مخيرة تؤثر على نتائج الاختبار الذي يسبب توليد مزووم إيجابية مع الحمل بالضغط
- ⑤ العينات النحيفة التي يكون ارتفاعها كبير نسبياً حدوث انبعاج أثناء الاختبار مما ينتج عنها عدم دقة نتائج الاختبار ولذلك طول العينات لا يزيد عن ١٥ مرات قطرها
- $L \neq 10 D$

### دراسة سلوك المواد لمعدنية تحت تأثير الحمل بالضغط

عندما تتعرض عينات استطوانية الشكل لمواد معدنية إلى حمل ضغط فإنها تنضغط ويتسبب ذلك في أخذ العينات الشكل البرميل (Barrel) نتيجة للزيادة المصاحبة لنقص الارتفاع، وتواجه قوى احتكاك بين العينات ورأسه ما كينت الاختبار يسبب قلة الزيادة في العرض عند تقاطع النهايتين العينات المختبرة عنها في مقطع منتهى العينات بشكل قدر يوجب تبعاً لذلك تأثير قوى الاحتكاك



العينات قبل التحميل



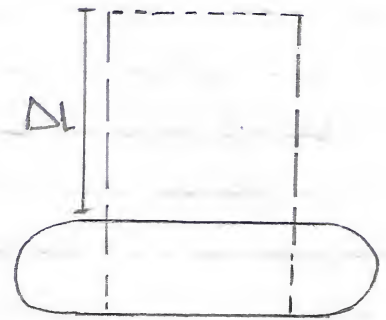
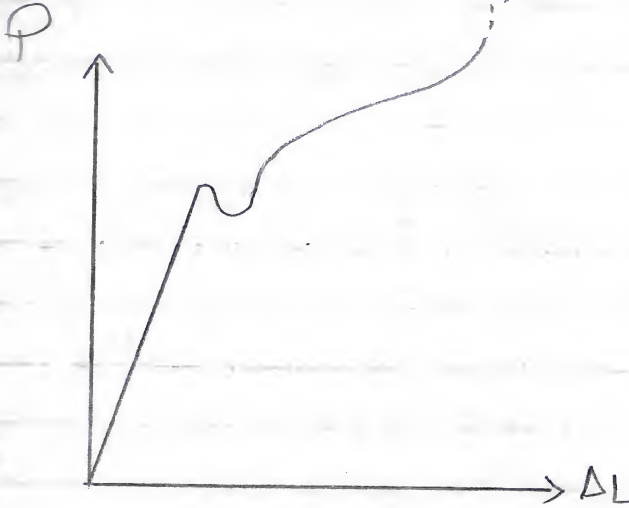
العينات بعد التحميل في الضغط  
تأخذ الشكل البرميل



## Ductile Materials behavior

## سلوك المواد المعدنية المطيعة

إذا اختبرت عينة من معدن مطيع مثل الصلب الطري Mild steel في أنفجاً حتى حد المرونة فإننا نلاحظ تواجد جزء مستقيم المنحنى التحميل والتشكيل حتى حد التناسب كذلك يوجد منطقة انفعال واستقرار التحميل فوه حد المرونة فإنه العينة يزداد انفعالها قليلاً ثم تتفلسح بدونه حدوث كسر للعينة مهما زاد التحميل

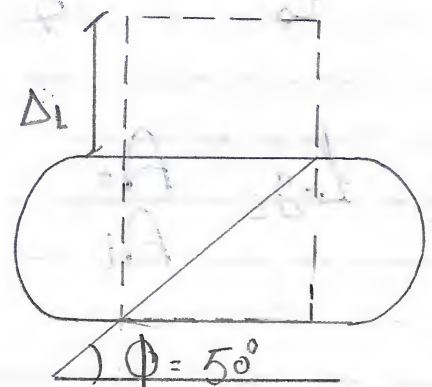
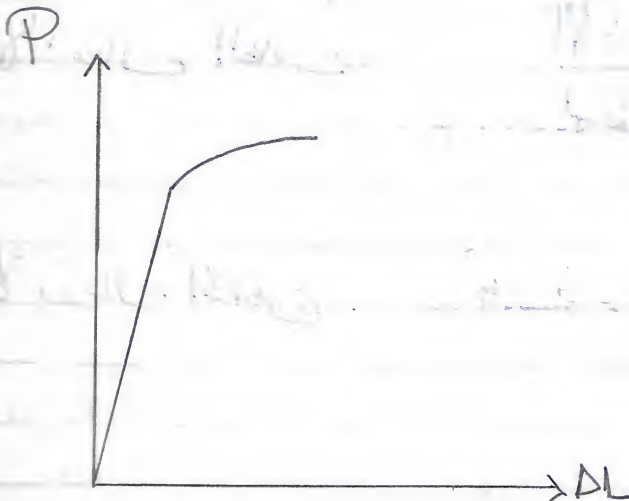


## Semi Ductile Materials

## سلوك المواد المعدنية نصف المطيعة

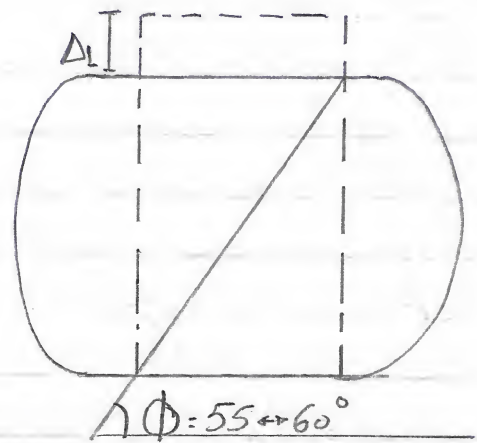
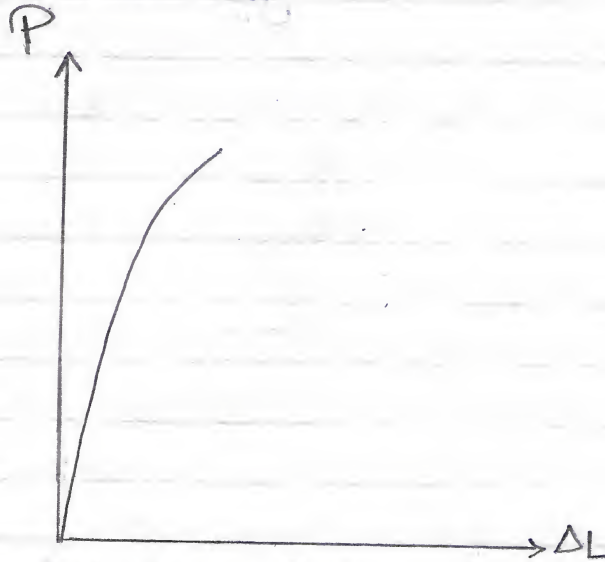
و الحديد المشرب

إذا كانت العينة المختبرة من معدن نصف مطيع مثل النحاس الأصفر فإن العينة تنحرف مع زيادة التحميل ثم تنكسر على مستوى يعبر زاوية  $> 0^\circ$  حيث زاوية مع الأفق. ويمكن ملاحظة وجود جزء مستقيم المنحنى التحميل والانفعال حتى نقطة التناسب (وقد يلاحظ أيضاً تواجد منطقة انفعال بعداً لظروف المعالجة الحرارية أو المعالجة الكيميائية). ثم بعد ذلك يأخذ المنحنى شكلاً "من الكوسن" للحمل الأقصى



## سلوك المواد المعدنية القصفة Brittle Materials behavior

عندما تختبر عينات من معدن قسيف مثل الحديد الزهر Cast iron فيحدث لها انضغاط قليل جداً ثم تنكسر على مستوى (ميل على الأفق) بزاوية 55 - 60 درجات ويكون منحن الحمل والتشكل كما بالشكل ولا يوجد عدم وجود منطقة الكفوع وقواجم مقاومة للهوى للضغط.



الاجزاء والانفعال في الضغط

$$F = \frac{P}{A_0} \quad \text{الحمل عند أي نقطة}$$

الاجزاء العادي

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{الانضغاط الحادث عند أي نقطة}$$

الانفعال العادي

$$\epsilon_c = \log_e \frac{A_0}{A_i} \quad \text{الانفعال الحقيقي}$$

الانفعال الحقيقي



## \* الخواص الميكانيكية في الضغط

١- المواد المرطبة: في اختبار المواد المرطبة في الضغط وجد أنه الانفعال يحدث تناسباً مع الأحمال كما في اختبار الشد ويلاحظ أيضاً أنه قيمته عند التناهي وإجهاد الخضوع في الضغط والشد متطابقين في المعاداة المرطبة. وكلما زاد الحمل على العينات يلاحظ زيادة مساحات التقطع ولا يحدث انهيار للمواد المرطبة كما يمكن تحديد معايير المرونة وإجهاد حد التناهي وإجهاد الخضوع. ويفضل أن تكون العينات المختبرة عينات أسطوانية الشكل والنسبة المحددة بين قطر والارتفاع طبقاً للمواصفات.

٢- المواد المقصبة: نظراً لأن المواد المرطبة في اختبار الشد مرطبة جداً لذلك فإنه مقاومة للضغط ذات أهمية كبرى في التصميم. ويمكن استخدام مقاييس التشكل بدرجة عالية لقياس الانفعال للمواد المقصبة وذلك للقيم الصغيرة من الأحمال للتأكد من قيمة نتائج أو من دقة العلاقة بين الأحمال والانفعال ويلاحظ أنه لا يوجد أي تناسب بين الإجهاد والانفعال للمواد المقصبة في الضغط.

← العلاقة بين الأحمال والانفعال والتي من خلالها نستطيع إيجاد معايير المرونة

$$n: \text{ ثابت } E = \frac{F^n}{\epsilon}$$

\* تصل هذه العلاقة للمواد المقصبة مثل الحديد الزهر والغير معدنية مثل الخرسانة والأحجار.

٣- يحدث الانهيار للمعاداة المقصبة في الضغط للكسر على مستوى مائل مع محور الأحمال والأفعال بسبب قوى القص على مستوى مائل.

٤- أما المواد الغير معدنية مثل الأحجار والمواد الأسمنتية والخرسانة فإنها تتأثر بتأثير القهر المزود وج وشكل عينات الاختبار في الضغط إما على شكل مكعب أو أسطوانة قياسيه حسب المواصفات. ويحدث الكسر طبقاً للقهر المزود إما على شكل حزم للعينات المكعبة أو المنحورية على شكل مخروط للعينات الأسطوانية.

← يمكن للمواد المقصبة معرفة خواص مقاومة الضغط للعينات المختبرة كذلك بالنسبة بين الأحمال والانفعال ومعايير المرونة. مهم جداً في تطبيقات الخرسانة المسلحة



## اختبار الضغط

### العينات المختبرة في الضغط

عينات الاختبار ذات الشكل الأسطوانى يفضل استخدامها في اختبار الضغط على الأشكال الأخرى لأنها تعطي إجهادات منتظمة بالنسبة لمحيط سطح الدائرة لقاعدتي العينة الأسطوانية واهتماماً باستخدام عينات مكعبة أو منشورية لاختبارها في الضغط مثل قوائم الطوب أو أنواع البلاط المختلفة. ← إن النسبة بين الطول والقطر للعينات له أهمية كبرى في اختبار الضغط فقد وجد أنه كلما زاد طول العينة بالنسبة لقطرها كلما كان هناك احتمال لوجود إحناء زياره عنه عدم انتظام توزيع الإجهادات على الأسطح القصودية. وقد اقترح الانزياح لنسبة الطول إلى القطر من 10 إلى  $L \neq 10D$  وكما كانت العينات المستخدمة قديمة جداً تأشير الاحتكاك عند النهايات يصبح ذو أهمية خصوصاً للأطول أقل من 1.5 مرة من قطر العينة. وإذا كان المطلوب منه الاختبار معرفة وتعيين الانفعال فإنه يفضل أنه تكون هذه العينات طويلة لكي تتمكن من تطبيق مقاييس الانفعال. ويمكن اختيار العينات القصيرة للمواد المتجانسة لأنه أهم شرط مطلوب هو تحسين المقاومة القوي للضغط فقط. أما المواد الغير متجانسة مثل الخرسانة فإنه أبعاد العينة تتوقف على لتمام الاختبار الأكبر للركاب فيجب أن تكون أسطح العينات المخرنته للتحميل دقيقة ومتعامدة على محور العينة.

### عينات الاختبار القياسية للمواد المعدنية Metallic Materials

العينات	الطول	العرض
عينات طويلة	الطول : 8 : 10 القطر	رسم منعنى الحبل والامتطالة أو منحنى الإجهاد والانفعال وتعيين حد التشويه ومنطقة الخضوع
عينات متوسطة	الطول : 3 قطر	تعيين مقاومة الضغط للمعادن
عينات قصيرة	الطول : 9 : 10 القطر	تستخدم للاختبارات معاداة المراكز (ركائز الكبارى وركائز الماكينات)



Non metallic

عينات الاختبار القياسية للمواد غير المعدنية

أهم هذه المواد هي الخرسانة والعينات القياسية للخرسانة تكون أسطوانة طولها ضعف قطرها وللركام الذي لا يتجاوز ٥٠ مم تكون أبعاد الأسطوانة القياسية  $10 \times 30$  سم وعموماً فإن قطر الأسطوانة يجب أن لا يقل عن ثلاث أمثال مساحة الركام المستخدم، وتنقسم المواصفات القياسية لصوتية والأنجليزيت على اسطوانة مكعبات  $10 \times 10 \times 10$  سم، أما المواصفات الأمريكية فتشمل على استخدام عينات أسطوانية الشكل قطرها ١٥ سم وارتفاعها ٣٠ سم وذلك حتى يتطابق اختيار أكبر للركام نفسه حتى ٥٠ مم.

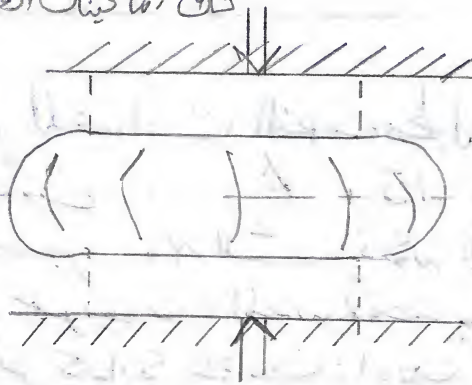
التجهيز عينات الاختبار تحت تأثير الأحمال الضغطية

الأنظمة في المعاداة المبطنة

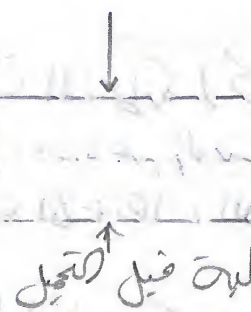
المعاداة المبطنة تحت تأثير الضغط لا يحدث لها انفعال بالكسر لأنها تتفكك بالضغط. ولكن يحدث الانفعال بالتشقق حيث تظهر شروخ رئيسية متوازية مع محور التحميل للعينة. وتعتبر ظهور التشققات وقيمة الحمل المؤثر هودليل على قبول أو رفض العينات.

فك الماكينة العلوية

العينة بعد التحميل



فك الماكينة السفلية

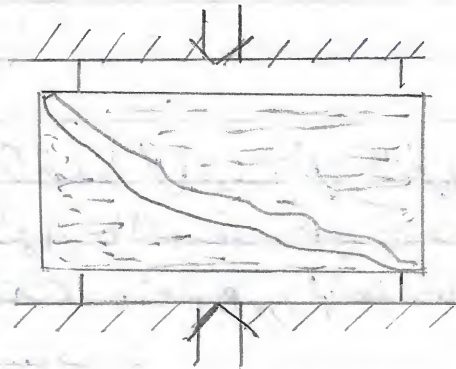


شكل التجهيز للمعاداة المبطنة

## الأنهيار في المعادن النصف مطبقات والقصفت

بالنسبة للمعادن النصف مطبقات يحدث انهيارها لهذا المعادن تحت تأثير الحمل ضغط حسب قيمته المصلولة ومرونة المعادن. ثم يحدث الانهيار على مستويات مائلة بزاوية ميل مع الأفقى  $0^\circ$  وتوقف قيمتها على قيم زوايا الاحتكاك الداخلي بين جزيئات المعادن. وقد تظهر بعض التشققات الطولية قبل الانهيار كما هو الحال في المواد المطبقات.

أما بالنسبة للمعادن القصفت فيحدث انهيارها بسبب حمل ثم يحدث على مستوى ميل بزاوية  $(\theta)$  مع المستوى الأفقى وتزداد هذه الزاوية (55-60) عنه قليلًا في المواد النصف مطبقات لكن جزيئات المعادن ولا تظهر أي تشققات قبل الكسر



شكل الانهيار للمعادن القصفت والنصف مطبقات

وزاوية ميل الكسر للعينات النصف مطبقة أو القصفت المنحارة أكبر من  $45^\circ$  وهذه الزاوية تساوي  $\theta = 45 + \frac{\phi}{2}$  حيث  $\phi$  هي زاوية الاحتكاك الداخلي للمعدن المختبر. وبذلك تكون  $\phi$  زاوية الاحتكاك الداخلي كبيرة مع كبر جزيئات المعادن المختبر.

فمثلاً الحديد الزهر كمواد قصفت زاوية احتكاكته الداخلية كبيرة إذا ما قورنت بزاوية الاحتكاك للفخس. الحديد الزهر  $60^\circ$  بينما الفخس  $0^\circ$ .

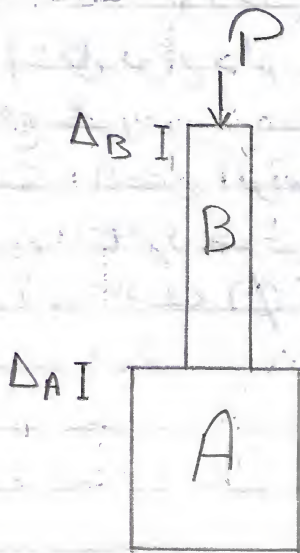


## القسم الثاني \* Composite section المركبة

المواد المعدنية لا تتحمل أحمال ضغط عالية بسبب الانبعاج لذلك يتم اللجوء للمادة المركبة.

← عبارة عن مادتين يعملان على مادة واحدة وتأخذ شكلها بشكلين:

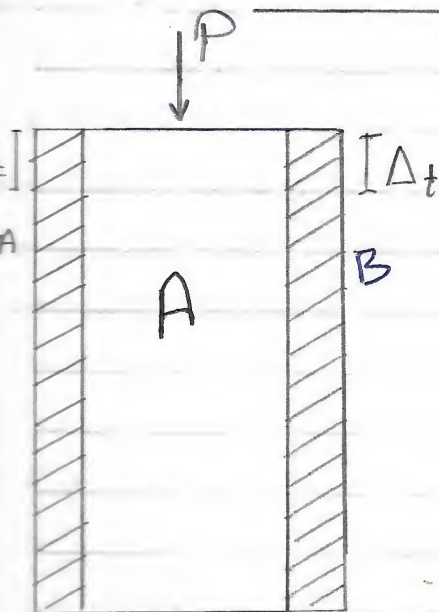
(1) النوع الأول : مادتين فوق بعضهما



$$P_A = P_B = P \rightarrow (1)$$

$$\Delta_A + \Delta_B = \Delta_{tot} \rightarrow (2)$$

(2) النوع الثاني : مادتين داخل بعضهما



$$P_A + P_B = P_{tot} \rightarrow (1)$$

$$\Delta_A = \Delta_B = \Delta_{tot} \rightarrow (2)$$



## ExampLes

1. A rod made of Aluminum with Shown Loads

Given:  $E_{AL} = 2000 \text{ t/cm}^2$

Find: Stress in the Aluminum rod  
Deformation at Point K, L and M

Sol:..

Stress in rod:

Zone ①:  $P = 16 \text{ ton}$

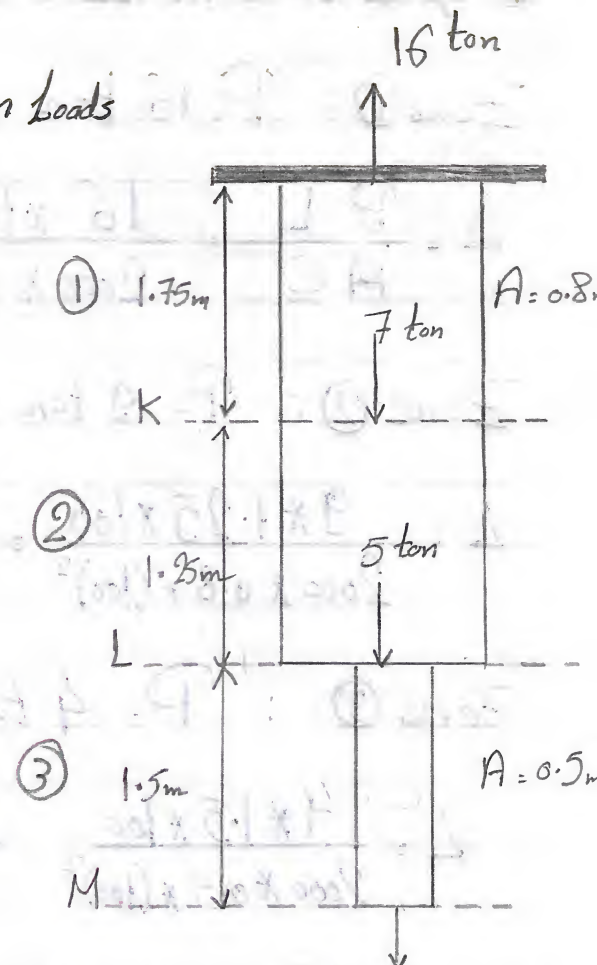
$$F = \frac{16}{0.8} = 20 \text{ t/m}^2$$

Zone ②:  $P = 9 \text{ ton}$  ( $16 - 7 = 9$ )

$$F = \frac{9}{0.8} = 11.25 \text{ t/m}^2$$

Zone ③:  $P = 4 \text{ ton}$  ( $16 - 7 - 5 = 4$ )

$$F = \frac{4}{0.5} = 8 \text{ t/m}^2$$





Deformation in rod:

Zone ①:  $P = 16 \text{ ton}$

$$\Delta = \frac{P L}{A E} = \frac{16 \times 1.75 \times 100}{2000 \times 0.8 \times (100)^2} = 1.75 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

Zone ②:  $P = 9 \text{ ton}$

$$\Delta = \frac{9 \times 1.25 \times 100}{2000 \times 0.8 \times (100)^2} = 7.03 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

Zone ③:  $P = 4 \text{ ton}$

$$\Delta = \frac{4 \times 1.5 \times 100}{2000 \times 0.5 \times (100)^2} = 6 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

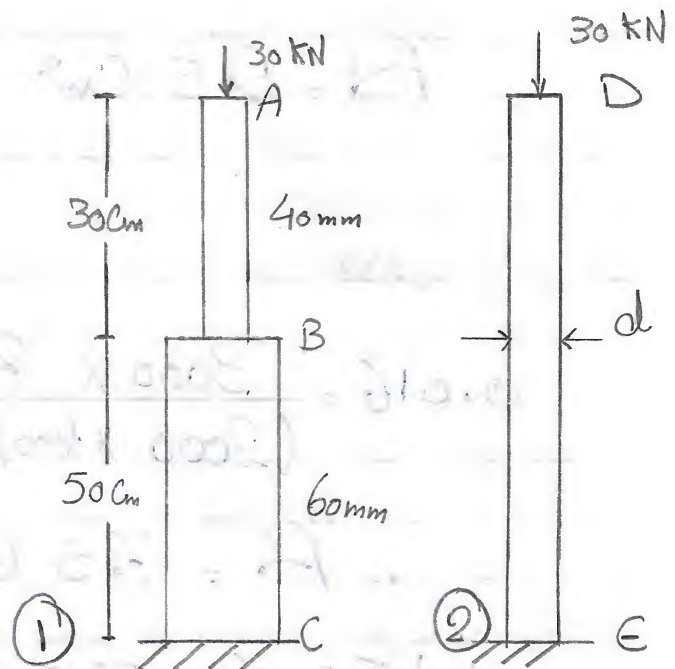
$$\therefore \text{ at Point K} \Rightarrow \Delta_K = 1.75 \times 10^{-4}$$

$$\text{ at " L} \Rightarrow \Delta_L = 2.45 \times 10^{-4} (1.75 \times 10^{-4} + 7.03 \times 10^{-5})$$

$$\text{ at " M} \Rightarrow \Delta_M = 3.053 \times 10^{-4} (1.75 \times 10^{-4} + 7.03 \times 10^{-5} + 6 \times 10^{-5})$$

2. The aluminum rod ABC ( $E = 800 \text{ t/cm}^2$ ). Which consists of two cylindrical portion AB, and BC, is to be replaced with cylindrical steel rod DE ( $E = 2000 \text{ t/cm}^2$ ) of the same overall length. Determine the minimum required diameter  $d$  of the steel rod if its vertical deformation is not to exceed the deformation of the aluminum rod under the same load and if the allowable stress in the steel rod is not to exceed  $1200 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{KN} \xrightarrow{\div 10} \text{ton} \xrightarrow{\times 1000} \text{kg}$$



Rod ①

$$\Delta_{\text{tot}} = \Delta_{AB} + \Delta_{BC}$$

$$\Delta_{AB} = \frac{(30 \times \frac{1000}{10}) \times 30}{12.57 \times (800 \times 1000)} = 8.95 \times 10^{-3} \text{ cm} \quad \text{Area} = \frac{\pi}{4} (4)^2 = 12.57 \text{ cm}^2$$

$$\Delta_{BC} = \frac{(30 \times \frac{1000}{10}) \times 50}{28.27 \times (800 \times 1000)} = 6.63 \times 10^{-3} \text{ cm} \quad \text{Area} = \frac{\pi}{4} (6)^2 = 28.27 \text{ cm}^2$$

$$\Delta_{\text{tot}} = 0.016 \text{ cm}$$



Rod ②:  $f_{all} = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$\Delta_{all} = 0.016 \text{ cm}$

عازل اهتزاز  
التي تحقق شرطية

$f_{all}$

$$f = \frac{P}{A} \quad 1200 = \frac{3000}{A} \quad 30 \times \frac{1000}{10}$$

$A = 2.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{①}$

$\Delta_{all} = 0.016$

$$0.016 = \frac{3000 \times 80}{(2000 \times 1000) \times A}$$

$\therefore A = 7.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{②}$

$\therefore \text{Use } A = 7.5 \text{ cm}^2$

$$\therefore A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\pi D^2 = 4A$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 7.5}{\pi}} = 3.1 \text{ cm} \quad (31 \text{ mm})$$

3. ① The rod ABC consists of two cylindrical portions. The upper portion AB is made of steel and has a length of 200 mm and a 25-mm diameter, while the lower portion BC is made of Copper and has a length of 300 mm and a 40-mm diameter. A compression force  $P$  with a magnitude of 20 tons is applied to the column. Providing that the modulus of elasticity for steel and Copper are 2000 and 1200 t/cm<sup>2</sup>, respectively, determine the stresses developed in steel and Copper and deformation of the member.
- ② if the maximum allowable stresses in steel and Copper are 1800 and 1500 kg/cm<sup>2</sup>, respectively, and the maximum permitted total deformation of the member is 2 mm determine the maximum allowed value for  $P$ .

Solution:-

Given  $P = 20$  ton

steel

Copper

$$E_{st} = 2000 \text{ t/cm}^2$$

$$E_{co} = 1200 \text{ t/cm}^2$$

$$A_{st} = 4.91 \text{ cm}^2$$

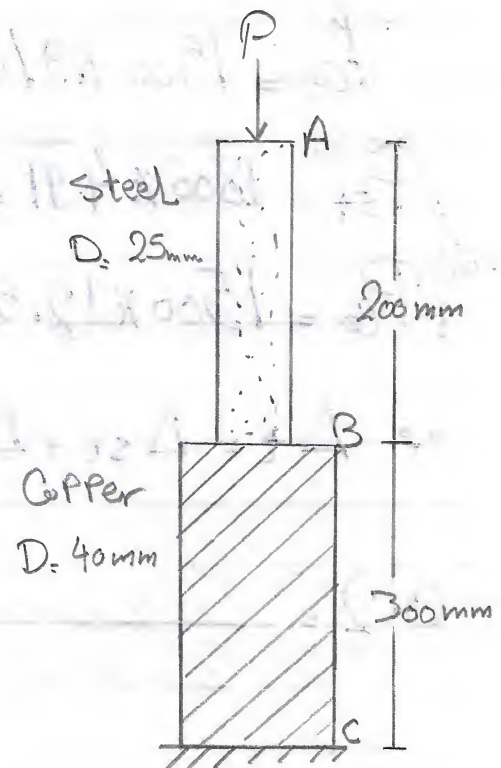
$$A_{co} = 12.57 \text{ cm}^2$$

Ref:  $F \propto \Delta$

$$\textcircled{1} P_{st} = P_{co} = 20 \text{ ton}$$

$$f_{st} = \frac{20}{4.91} = 4.07 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{co} = \frac{20}{12.57} = 1.59 \text{ t/cm}^2$$



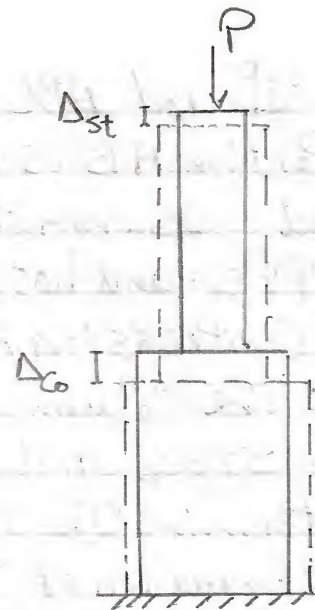


$$\Delta_{tot} = \Delta_{st} + \Delta_c$$

$$\Delta_{st} = \frac{20 \times 20}{4.91 \times 2000} = 0.041 \text{ cm}$$

$$\Delta_c = \frac{20 \times 30}{12.57 \times 1200} = 0.039 \text{ cm}$$

$$\therefore \Delta_{tot} = 0.041 + 0.039 = 0.08 \text{ cm}$$



$$\textcircled{2} \quad f_{st} = 1800 \text{ kg/cm}^2 \quad \Delta_{\max_{all}} = 2 \text{ mm} = 0.2 \text{ cm}$$

$$f_c = 1500 \text{ kg/cm}^2 \quad P = ???$$

$$\begin{cases} P_{st} = 1800 \times 4.91 = 8838 \text{ kg} = 8.8 \text{ ton} & \textcircled{1} \\ P_c = 1500 \times 12.57 = 18855 \text{ kg} = 18.8 \text{ ton} & \textcircled{2} \end{cases}$$

$$\therefore \Delta_t = \Delta_{st} + \Delta_c = \Delta_{\max_{all}} = 0.2$$

$$0.2 = \frac{P_{st} \times 20}{2000 \times 4.91} + \frac{P_c \times 30}{1200 \times 12.57}$$

$$0.2 = 2.036 \times 10^{-3} P_{st} + 1.99 \times 10^{-3} P_c \quad P_c = P_{st}$$

$$P_{st} = P_c = 49.6 \text{ ton} \quad \textcircled{3}$$

$$P = 8.8 \text{ ton}$$

$$P = 49.6 \text{ ton}$$

در 2 گانه است

" " " "

4. A steel bar of Length 600mm and Cross section dimension  $40 \times 40$  mm has been Placed to fit exactly inside a hollow Copper bar of the Same Length. if outer dimensions  $80 \times 80$  mm and inner dimensions  $20 \times 20$  mm as shown. The Modulus For Steel and Copper are  $2200$  and  $1400 \text{ t/cm}^2$ , respectively
- Find The Stresses and deformation of The Steel-Copper assembly when it is Subjected to a 40 tons Compression Force exerted on two rigid and Plates

Answer:

Given:  $P = 40 \text{ ton}$

Steel

Copper

$$E_{st} = 2200 \text{ t/cm}^2$$

$$E_{Co} = 1400 \text{ t/cm}^2$$

$$L_{st} = 60 \text{ cm}$$

$$L_{Co} = 60 \text{ cm}$$

$$A_{st} = 4 \times 4 = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{Co} = (8 \times 8) - (4 \times 4) = 48 \text{ cm}^2$$

$$\text{Req: } E_{st} \text{ \& } E_{Co} \text{ \& } \Delta_t$$

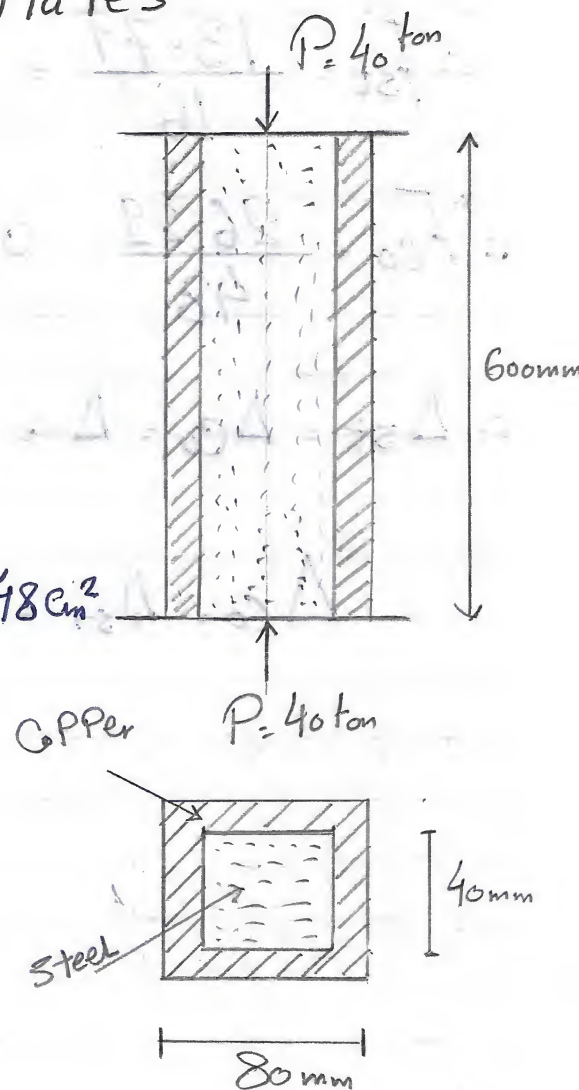
$$\therefore L_{st} = L_{Co} = 60 \text{ cm}$$

$$\therefore \Delta_{st} = \Delta_{Co} = \Delta_t$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{16 \times 2200} = \frac{P_{Co} \times L_{Co}}{48 \times 1400}$$

$$2.84 \times 10^{-5} P_{st} = 1.48 \times 10^{-5} P_{Co}$$

$$P_{st} = 0.521 P_{Co}$$





$$\therefore P_{st} + P_{co} = P = 40 \text{ ton} \rightarrow \textcircled{2}$$

$$0.521 P_{co} + P_{co} = 40$$

$$1.521 P_{co} = 40 \quad P_{co} = 26.29 \text{ ton}$$

$$P_{st} = 13.71 \text{ ton}$$

$$\therefore f_{st} = \frac{13.71}{16} = 0.85 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore f_{co} = \frac{26.29}{48} = 0.55 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore \Delta_{st} = \Delta_{co} = \Delta = \frac{P_{st} \times L_{st}}{A_{st} \times E_{st}} = \frac{13.71 \times 60}{2200 \times 16}$$

$$\Delta_{co} = \Delta_{st} = \Delta = 0.023 \text{ cm}$$

5. For The Composite rod mentioned above, determine The maximum allowed value for the tensile force  $T$  knowing that the maximum allowable stresses in steel and copper are 1800, and 1500  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , respectively, and The Maximum Permitted Total deformation of The member is 2mm

Answer

Steel

$$F_{st} = 1800 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$A_{st} = 16 \text{ cm}^2$$

$$E_{st} = 2200 \text{ t}/\text{cm}^2$$

Copper

$$F_{co} = 1500 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$A_{co} = 48 \text{ cm}^2$$

$$E_{co} = 1400 \text{ t}/\text{cm}^2$$

$$\Delta_{all} = 2 \text{ mm}$$

Req: Tensile Force ( $T$ )

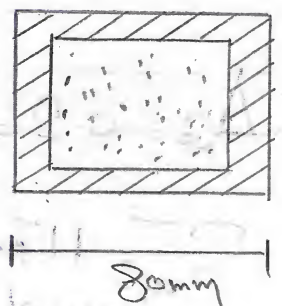
$$\Delta_{st} = \Delta_{co}$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{A_{st} \times E_{st}} = \frac{P_{co} \times L_{co}}{A_{co} \times E_{co}}$$

$$\frac{F_{st}}{2200} = \frac{F_{co}}{1400}$$

$$14 F_{st} = 22 F_{co}$$

$$F_{st} = 1.57 F_{co} \rightarrow \textcircled{1}$$





ass ①

$$F_{co} = F_{co_{all}} = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{st} = 1.57 \times 1500 = 2355 \text{ Kg/cm}^2 > F_{st_{all}} = 1800 \text{ Kg/cm}^2$$

ass ②

Not ok

$$F_{st} = F_{st_{all}} = 1800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{co} = \frac{1800}{1.57} = 1147 \text{ Kg/cm}^2 < F_{co_{all}} = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

OK

$$F_{st} = 1800 = \frac{P_{st}}{16} \quad P_{st} = 28800 \text{ Kg}$$

$$F_{co} = 1147 = \frac{P_{co}}{48} \quad P_{co} = 55056 \text{ Kg}$$

$$T = \frac{P_{co} + P_{st}}{1000} = \frac{28800 + 55056}{1000} = 83.9 \text{ ton} \quad \textcircled{1}$$

$$\therefore \Delta_{all} = 2 \text{ mm} = 0.2 \text{ cm}$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{co} = \Delta_{all} = 0.2 \text{ cm}$$

$$\Delta_{st} = 0.2 = \frac{P_{st} \times 60}{16 \times 2200} \quad P_{st} = 117.3 \text{ ton}$$

$$\therefore \Delta_{co} = 0.2 = \frac{P_{co} \times 60}{48 \times 1400} \quad P_{co} = 224 \text{ ton}$$

$$T = 117.3 + 224 = 341.3 \text{ ton} \quad \textcircled{2}$$

القوى الأخرى (القوى التي) تحققها الأجزاء الأخرى من الهيكل



6. A steel bar of length 3m and Cross section dimensions  $40 \times 40$  mm has been Placed to Fit exactly inside a hollow Copper bar of The Same Length, of outer dimensions  $80 \times 80$  mm and inner dimensions  $40 \times 40$  mm as shown. The modulus of Elasticity for steel and Copper are 2200 and 1400 t/cm<sup>2</sup>, respectively. Another aluminum bar has been Placed behind these bar, has diameter 60 mm and Length 1.5m and modulus of elasticity 900 t/cm<sup>2</sup>.  
 → Find The Stress and deformation of The steel, Copper and aluminum when it is subjected to Show loads.

Answer:

Aluminum:  $P = 4 \text{ ton}$   $A = \frac{\pi}{4} 6^2 = 2827 \text{ mm}^2$

$$f = \frac{4 \times 1000}{2827} = 1.41 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Delta = \frac{(4 \times 1000) \times 1500}{2827 \times 9000} = 0.23 \text{ mm} = 0.023 \text{ cm}$$

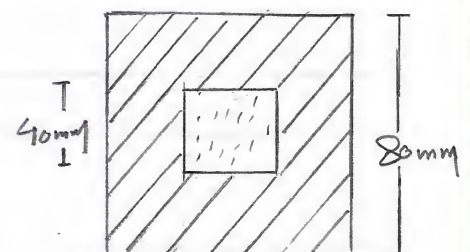
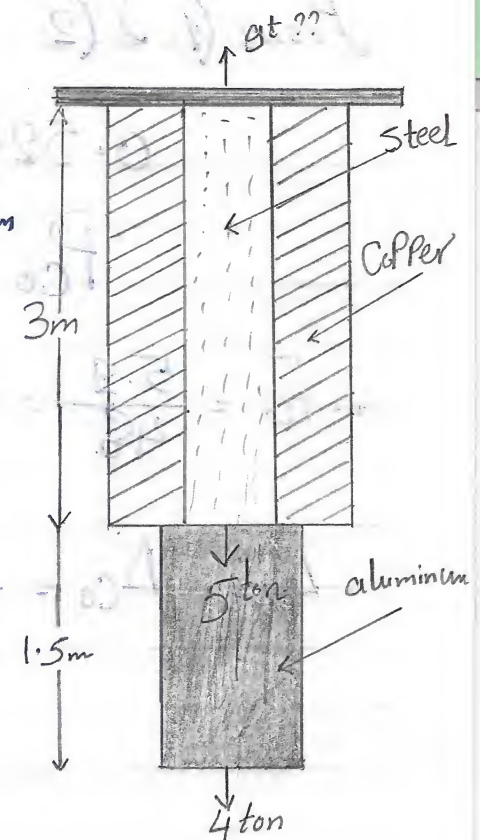
$$\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \xrightarrow{\frac{\times 1000}{\times 10^2}} \frac{\text{t}}{\text{cm}^2}$$

Steel & Copper:

$$P_{st} + P_c = 9 \text{ ton} \rightarrow \textcircled{1}$$

$$\Delta_{st} = \Delta_c$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{E_{st} \times A_{st}} = \frac{P_c \times L_c}{E_c \times A_c}$$





$$A_{st} = 40 \times 40 = 1600 \text{ mm}^2 = 16 \text{ cm}^2 \quad A_{co} = (80 \times 80 - 40 \times 40) = 4800 \text{ mm}^2 = 48 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \frac{P_{st}}{16 \times 2200} = \frac{P_{co}}{48 \times 1400}$$

$$2.84 \times 10^{-5} P_{st} = 1.49 \times 10^{-5} P_{co}$$

$$P_{st} = 0.524 P_{co} \rightarrow (2)$$

From (1) & (2)

$$0.524 P_{co} + P_{co} = 9$$

$$P_{co} = 5.9 \text{ ton}$$

$$P_{st} = 3.1 \text{ ton}$$

$$\therefore f_c = \frac{5.9}{48} = 0.123 \text{ t/cm}^2 \quad f_{st} = \frac{3.1}{16} = 0.194 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{co} = \frac{3.1 \times 300}{2200 \times 16} = 0.026 \text{ cm}$$

7. A short Concrete Column of Cross section dimensions  $30 \times 100$  cm reinforced by 8 steel bar with 16 mm diameter.

→ Find the stresses and deformation of the short Con. column when it is subjected to a 150 tons Compression.

The Modulus of Elasticity for steel and concrete are 2000 and 200  $\text{t/cm}^2$  respectively.

Answer:

Steel

$$A_{st} = 8 \left( \frac{\pi}{4} (1.6)^2 \right) = 16 \text{ cm}^2$$

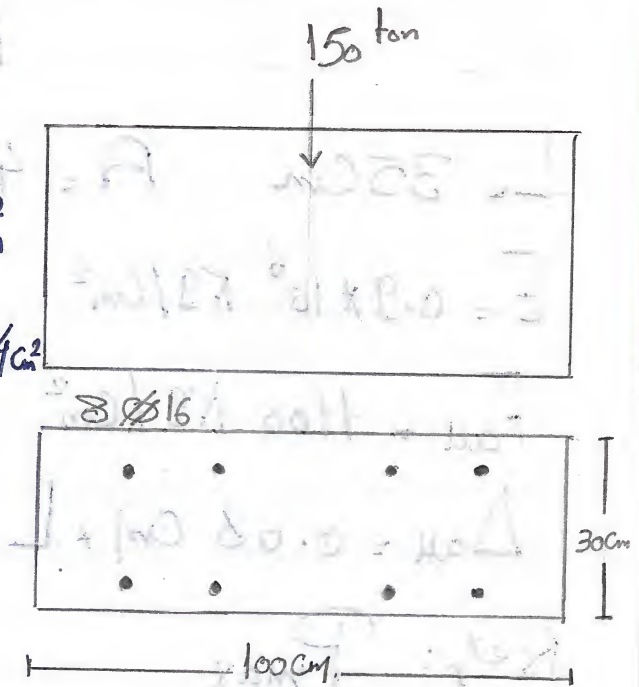
$$E_{st} = 2000 \text{ t/cm}^2$$

ConC.

$$A_{Conc} = 30 \times 100 = 3000 \text{ cm}^2$$

$$A_{Conc_{act}} = 3000 - 16 = 2984 \text{ cm}^2$$

$$E_{Conc} = 200 \text{ t/cm}^2$$



Req.  $F_{st}$  &  $F_{Conc}$  and  $\Delta_t$

$$P_{st} + P_{Conc} = 150 \text{ ton} \rightarrow (1)$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{Conc}$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{16 \times 2000} = \frac{P_{Conc} \times L_{Conc}}{2984 \times 200}$$

$$P_{st} = 0.054 \times 142.3 = 7.7 \text{ ton}$$

$$3.125 \times 10^{-5} P_{st} = 1.68 \times 10^{-6} P_{Conc} \Rightarrow F_{Conc} = \frac{142.3}{2984} = 0.048 \text{ t/cm}^2$$

$$P_{st} = 0.054 P_{Conc} \rightarrow (2)$$

$$0.054 P_{Conc} + P_{Conc} = 150$$

$$F_{st} = \frac{7.7}{16} = 0.481 \text{ t/cm}^2$$

$$P_{Conc} = 142.3 \text{ ton}$$

$$\Delta_t = \frac{142.3 \times 30}{2984 \times 200} = 7.15 \times 10^{-3} \text{ cm}$$



8- كتلة من البورنيز ارتفاعها ٣٥ سم ومساحتها مقطعيها ٤٥ × ٤٥ سم ومعايير  
المرونة لها يساوي ٠.٩ × ١٠<sup>٦</sup> كجم / سم<sup>٢</sup> تستخدم لتحمل حمل ضغط. فإذا  
كان أقصى استطالة مسموح به = ١١.٠٠ كجم / سم<sup>٢</sup> وأقصى  
انضغاط مسموح به = ٠.٨. من ارتفاع الكتلة إلى ٤٥ سم  
← أو غير أقصى حمل يمكن انشاير به مع هذه الكتلة

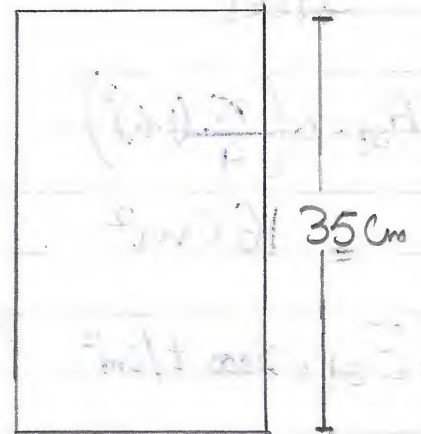
Answer

$$L = 35 \text{ cm} \quad A = 45 \times 45 = 2025 \text{ cm}^2$$

$$E = 0.9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

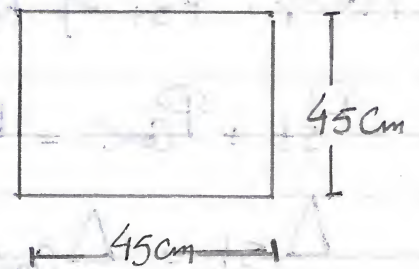
$$F_{all} = 1100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_{all} = 0.08 \text{ cm} \times L$$



Req:  $P_{max}$

$$F. \frac{P}{A} = \frac{P}{2025} = 1100$$



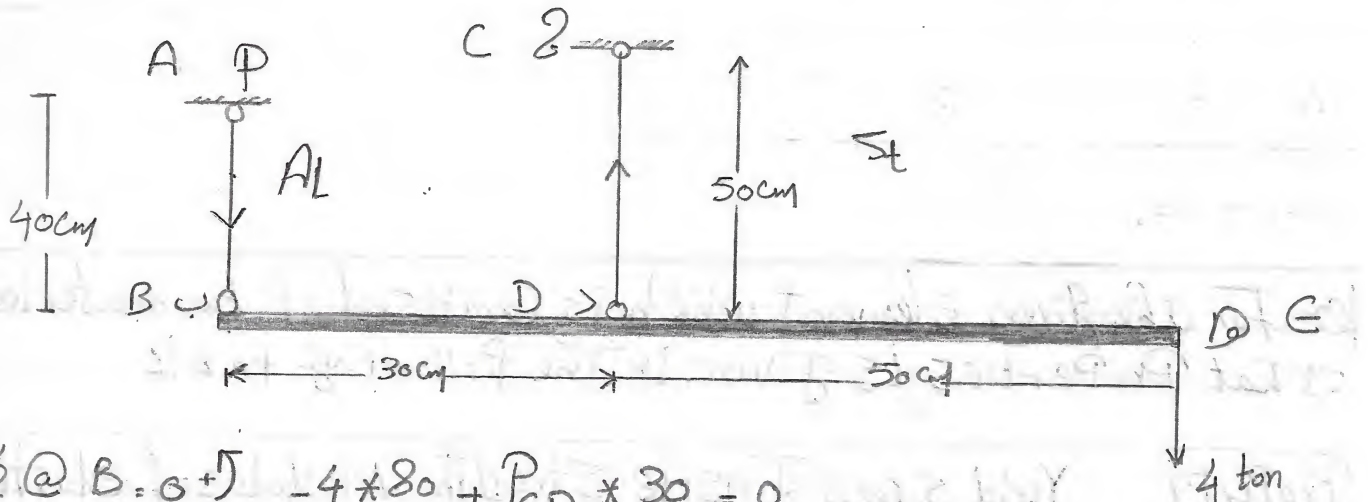
$$P_{max1} = 222750 \text{ kg} \rightarrow (1)$$

$$\Delta = \frac{P \times L}{A \times E} = \frac{P \times 35}{2025 \times 0.9 \times 10^6}$$

$$P_{max2} = 145800 \text{ kg} \rightarrow (2)$$

$$\therefore P_{max} = 145800 \text{ kg}$$

9. قضيب جاس ب د و مثبت بواسطة قضيبين أ ب ك ج د  
ومعروف طول ع لـ عند الطرف (د) فإذا كان القضيب أ ب من الألومنيوم  
ومساحة مقطعه أ سم<sup>2</sup> ومعيار مرونته =  $8 \times 10^6$  كج/سم<sup>2</sup>. والقضيب  
ج د من الصلب ومساحة مقطعه 5 سم<sup>2</sup> ومعيار مرونته  $2 \times 10^6$  كج/سم<sup>2</sup>  
← أوجد التشكل الرأس الحادث عند النقاط ب، د، ع  
والإجهاد في كل من القضيبين أ ب، ك ج د



$$\sum \textcircled{B} = 0 \Rightarrow -4 \times 80 + P_{CD} \times 30 = 0$$

$$\therefore P_{CD} = 10.67 \text{ ton} \quad \sum y = 0 \therefore P_{AB} = 6.67 \text{ ton}$$

→ Stresses

$$F_{AB} = \frac{6670}{8} = 833.75 \text{ Kg/Cm}^2$$

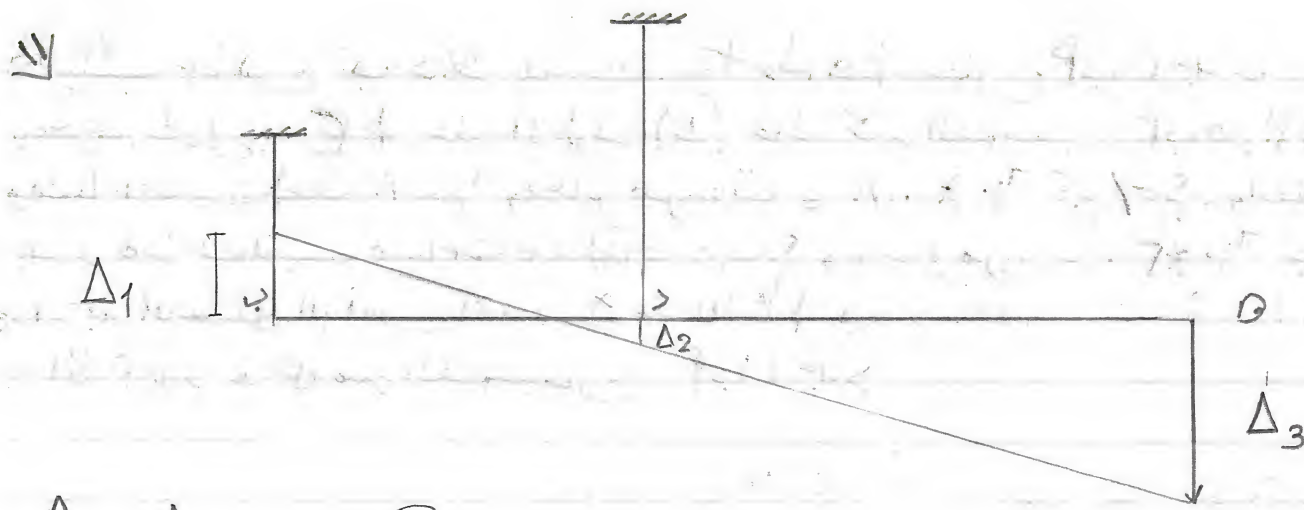
$$F_{CD} = \frac{10670}{5} = 2134 \text{ Kg/Cm}^2$$

→ Deformation

$$\Delta_{AB} = \frac{F \times L}{E} = \frac{833.75 \times 40}{0.8 \times 10^6} = 0.0417 \text{ cm}$$

$$\Delta_{CD} = \frac{2134 \times 50}{2 \times 10^6} = 0.0534 \text{ cm}$$



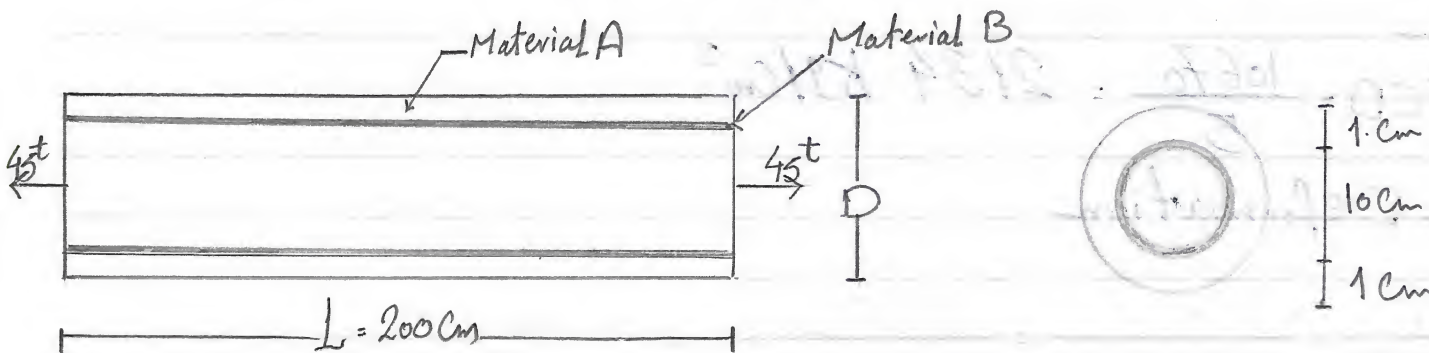


$$\frac{\Delta_3 + \Delta_1}{\Delta_2 + \Delta_1} = \frac{30}{30 + 50} = 0.2118$$

10. For the given element which is composed of two materials that properties is given in the following table

Property	Yield stress kg/cm <sup>2</sup>	Tensile strength kg/cm <sup>2</sup>	Modulus of elasticity t/cm <sup>2</sup>
Material A	1260	1760	800
Material B	3600	5200	2100

Calculate the safe diameter  $D$  of the hollow section and the corresponding elongation



$$P_A + P_B = 45 \text{ ton} \rightarrow (1) \quad A_B = \frac{\pi}{4} (10)^2 = 78.53$$

$$\Delta_A = \Delta_B \quad A_A = \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 113.1$$

$$\frac{P_A \times L}{800 \times 34.56} = \frac{P_B \times L}{2100 \times 78.53}$$

$$3.62 \times 10^{-5} P_A = 6.06 \times 10^{-6} P_B$$

$$P_A = 0.167 P_B \rightarrow (2)$$

$$0.167 P_B + P_B = 45 \quad \therefore P_B = 38.56 \text{ ton}$$

$$\therefore P_A = 6.44 \text{ ton}$$

$$f_{y_A} = \frac{P_A}{A_A} \quad 1.26 = \frac{6.44}{A_A} \quad A_A = 5.1 \text{ cm} \quad D_A = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 2.55 \text{ cm} \checkmark$$

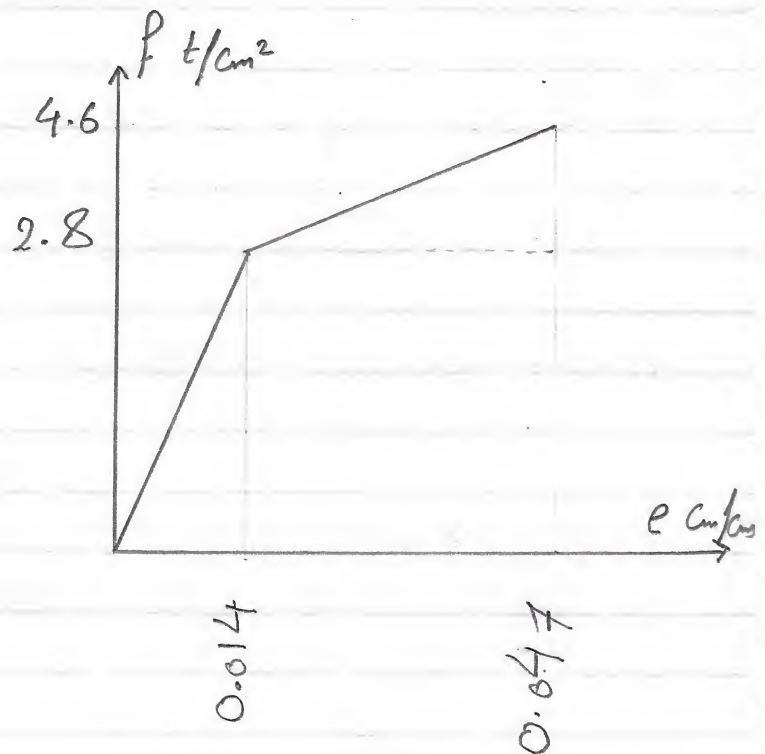
$$f_{y_B} = \frac{P_B}{A_B} \quad 3.6 = \frac{38.56}{A_B} \quad A_B = 10.7 \text{ cm} \quad D_B = 3.69 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{6.44 \times 200}{5.1 \times 800} = 0.31 \text{ cm} \checkmark$$



11. Determine The elastic Load  $P_e$  and The Load that Cause a strain of 0.025 on steel Specimen Length = 20 cm and Cross Section diameter 12 mm that is subjected to axial force  $P$ . Knowing that the stress strain relationship of the steel is as Follows  $A = 1.13 \text{ cm}^2$

Req: 1- Modulus of elastic  
 2- M.O.R  
 3- M.O.T  
 4- Ductility  
 5- Design member of The same steel Carry a tensile Load of 18 ton  
 i F (0.25% Proof stress)



Answer

$$1. M.O.E = \frac{F}{e} = \frac{2.8}{0.014} = 200 \text{ t/cm}^2$$

$$2. M.O.R = \frac{\frac{1}{2} \times 3.164 \times 0.28}{1.13 \times 20} = 0.0196 \text{ t/cm}^2$$

$$\rightarrow \Delta_{max} = 0.047 = \frac{\Delta_L}{20} = 0.94 \text{ cm}$$

$$e = \frac{\Delta_L}{L} \quad 0.014 = \frac{\Delta_L}{20}$$

$$\rightarrow \Delta_L = 0.28 \text{ cm}$$

$$f_{Pr} = \frac{P_{Pr}}{A} \quad 2.8 = \frac{P_{Pr}}{1.13}$$

$$\rightarrow P_{Pr} = 3.164 \text{ ton}$$

$$f_u = \frac{P_u}{A} = 4.8 = \frac{P_u}{1.13}$$

$$\rightarrow P_u = 5.424 \text{ ton}$$

$$3. M.O.T = \frac{1}{2} \times 3.164 \times 0.28 + 3.164(0.94 - 0.28)$$

$$+ \frac{1}{2} \times (5.924 - 3.164) \times (0.94 - 0.28)$$

$$= 0.145 \text{ t/cm}^2$$

$$1.13 \times 26$$

4. Ductility.

$$\rightarrow \text{Elongation} = \frac{\Delta L_{\max}}{L} \times 100 = \frac{0.94}{20} \times 100 = 4.7\%$$

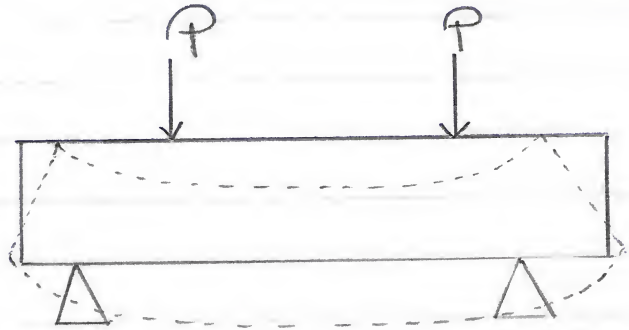


## الباب الرابع: سلوك المواد الهندسية تحت تأثير الأحمال الاستاتيكية

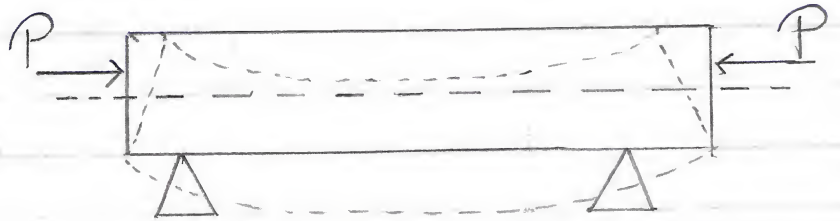
مقدمة

إذا تعرضت أي عنصر إنشائي إلى قوة أو أحمال أو عزوم بحيث يتولد عنها إجهادات شديداً أو حركات انحراف أو إجهادات ضغط على الوجه المقابل له فإنه العنصر يكون في حالة انحناء. وقد تم قيمت هذه الإجهادات بالقيمة صفر عند أحد مستويات العنصر الإنشائي المحمل وليس محور التعادل وتكون الإجهادات الناشئة عن العزوم مصحوبة بإجهادات قصية تؤثر على قطاع العنصر المستخدم. وأحد حالات الانحناء إذا تعرضت كمر، أي أحمال رأسية في مستوى رأس مع محور الكمر أو أي أحمال لأحوريات تعمل في المستوى المار بحور الكمر أو إلى عزوم وانحناء تعمل في مستوى محور الكمر.

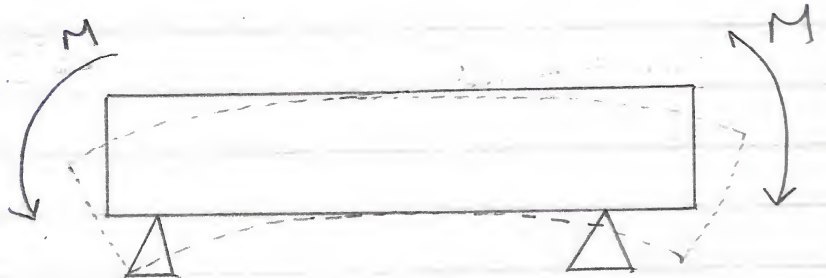
حمل رأس على كمر



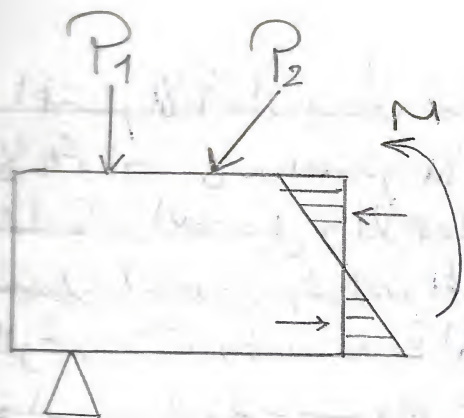
حمل أفقي لامركزي



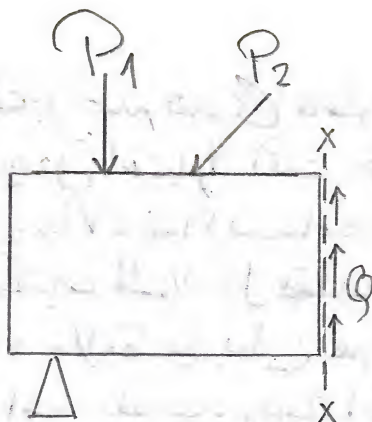
عزوم وانحناء



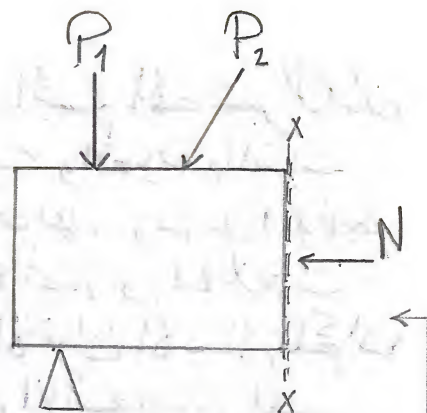
حالات التحميل بالأحمال



إجهاد الانحناء



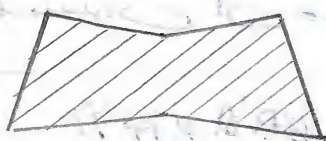
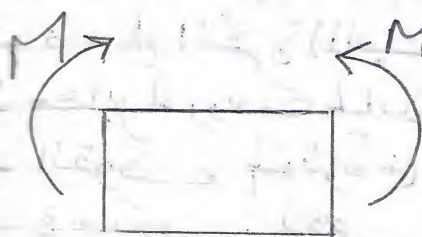
إجهاد القص



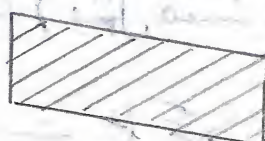
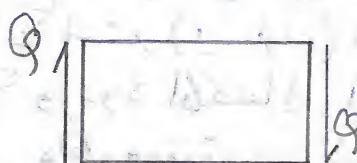
إجهاد ضغط عمودي

## « الإجهادات الموجودة على مقطع كمر »

وقد تتعرض المنشآت الهندسية المختلفة والماكينات لأسناد قسرياً إلى الإجهادات الانحناء التي قد تكون مألوفة بإجهاد خمر مباشر أو ضغط مباشر أو إجهادات قص أو إجهادات التواء. وينتج عن الإجهادات المرحورة السابقة والمؤثرة على المقطع المستعرض للكرة المحملة الانفعالات (الضغط والانزلاق) وانثناء لهذا المقطع كما هو مبين بالشكل (٣-٤) وذلك نتيجة لإجهاد الضغط المباشر والقص والانحناء على التوالي.



تأثير عزوم الانحناء  
(انثناء)



تأثير قوى القص  
(انزلاق)



تأثير القوى العمودية  
(انفعالات)

## « الانفعالات الموجودة على مقطع الكمر »



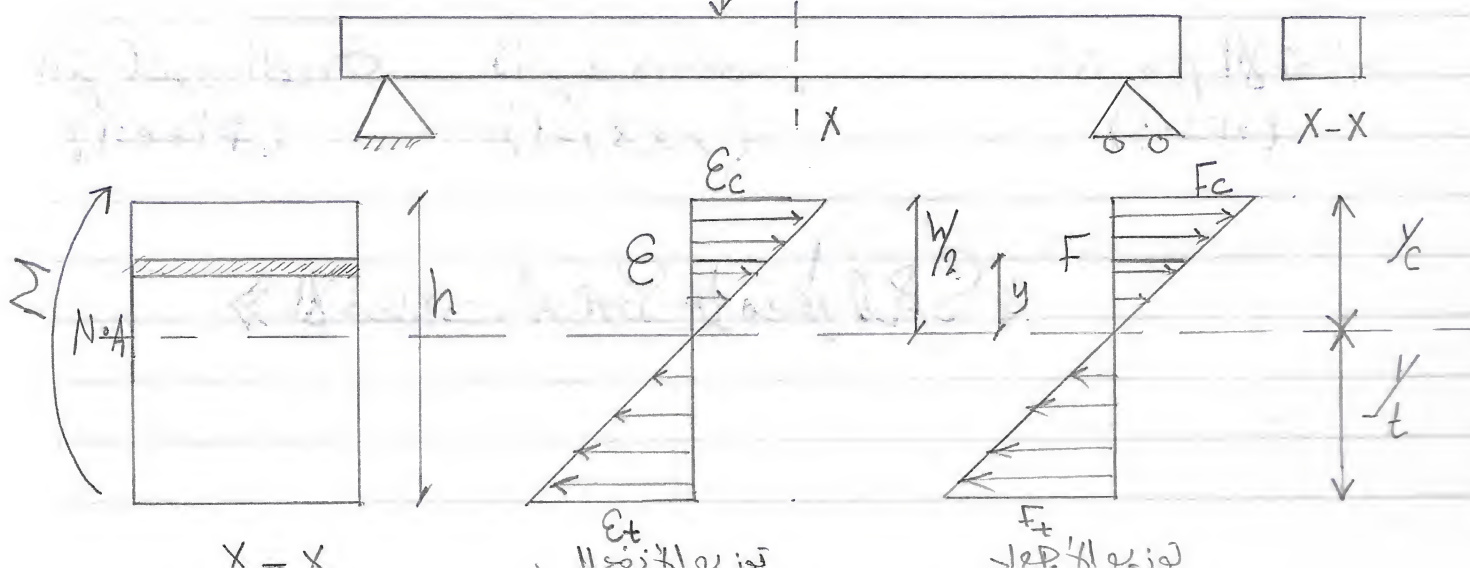
\* الاختبار الأختناذ يعطى نتائج تعبر عنه مدى مقاومة الجسم المختبر لأعمال الأختناذ ، لأنه اختبار الأختناذ مثل اختباراً تحت ظروف واقعية بالنسبة للمادة والتحميل والأجهادات والانفعالات المصاحبة لها . ومنه هذا الاختبار ليسهل تحسين الخواص الميكانيكية للمواد مثل مقاومة الأختناذ والصلابة والرجوعية ولتأني في الأختناذ علاوة على بيان مدى الأتزان الأثنائي للحركات ذات القطاعات والأحجام المختلفة . وغالباً اختبار الأختناذ يحتاج إلى أعمال مخيرة لا تقام لذلك غاية ما كينات الاختبار للأختناذ ليسهل وغير عادية السحر . وذلك مع أنهم مصبرات هذا الاختبار

\* هذا الاختبار يعبر أيضاً عن حالتي الصلابة والرجوعية بدقات عن الاختبار الشر وذلك عن طريق رسم الأختناذ ( التشكل في الأختناذ ) ليسهل ودقة خصوصاً للمواد القهفت مثل الحديد الزهر .

## إجماليات الأختناذ في حدود المرونة (فرضه نظرية الأختناذ) Elastic Theory

- 1- مقطع الكره المجهد بتأثير عزم الأختناذ ( يتكون من مادتين متجانستين )
- 2- تخضع مادة الكره أثناء تحميلها لقانون هوك أي أنها مجسدة في حدود المرونة ويتبع ذلك التناسب الخطي بين الأجهاد والانفعال
- 3- مقطع الكره (ثابت) في جميع أجزائها وعلى كامل طولها
- 4- معايير المرونة لمادة الكره في الشد (ياوي) معايير مرونة مادة في الضغط
- 5- القوى المؤثرة على الكره وردود الأفعال الناتجة تقع جميعها في مستوى واحد وهو مستوى الكره .
- 6- مستوى أي مقطع في الكره (يظل مستوياً) بعد تأثير عزم الأختناذ عليه

7- توزيع الأجهادات والانفعالات على كره محملة بعزم أختناذ





وإذا اعتبرنا الحركة ثابتة توفى الاستراتيجيات السابقة فيمكن  
حساب إجهادات الألياف عند أي مقطع بالحركة تحت تأثير عزم  
الانحناء الذي يسبب دوراناً حول N.A. فتثبت الإجهادات عند خط  
الجزء العلوي والإجهادات في الجزء السفلي وتكون الإجهادات  
عند خط التعادل تساوي صفراً. وعليه تكون الإجهادات موزعة توزيعاً  
مستوياً على المقطع.

← نسبيات قانون (الإجهاد الانحناء)  $\sigma = \frac{M}{I} y$  83 c 84

← الإجهاد الانحناء (F)

$$F = \frac{M}{I} y$$

← عزم الانحناء (M)

← ثابت من محور التعادل N.A. حتى النقطة المراد حساب الإجهاد عند (y)  
← عزم القصور الذاتي للمقطع حول المحور الذي يدور حوله (I)

وبذلك تكون أكبر قيم الإجهادات الضغو عند نقطة المقطع الطرفية  
العلوية وعلى مسافة  $(y_c)$   
وتكون أكبر إجهادات الشد عند نقطة المقطع الطرفية السفلى  
وعلى مسافة  $(y_t)$

$$F_c = \frac{M}{I} y_c$$

$$F_t = \frac{M}{I} y_t$$

معيار المقطع (Section Modulus)

$$Z_c = \frac{I}{y_c}$$

$$Z_t = \frac{I}{y_t}$$

معيار المقطع للشد

للشد " "



وفي حالة المقاطع المتماثلة حول محور البسائط حيث  $(y_c = y_t)$  ثبات

$$Z_c = Z_t = Z$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{y}{I}$$

$$F_c = F_t = \frac{M}{Z} \text{ and}$$

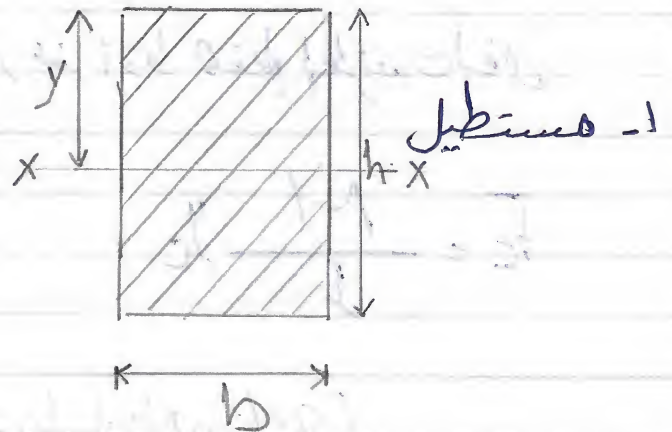
$$M = F \times Z$$

\* ولهذا النتيجة (هذه) في تصميم المنشآت والمباني المعرضة لعزوم انحناء معلوم  $(M)$  على مقطع الاختبار لا يتعدى أكبر إجهاد انحناء المقطع المكون عن إجهاد معين  $(F)$  وذلك بتعيين قيمة معايير المقاطع  $(Z)$

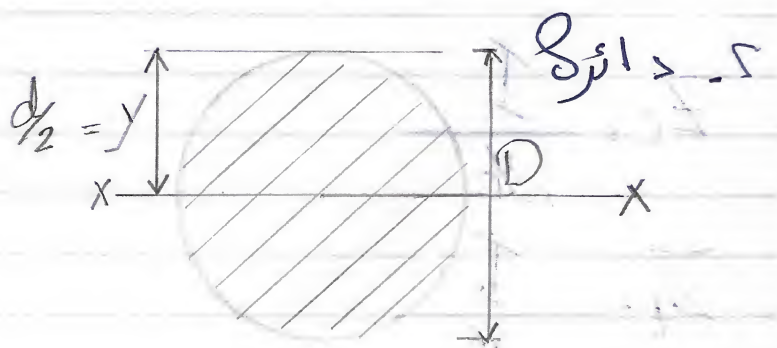
$$Z = \frac{M}{F}$$

عزم القصور الذاتي Moment of Inertia

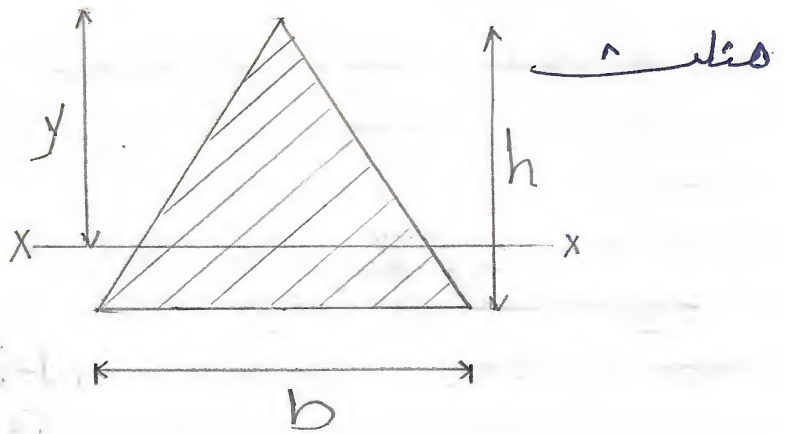
$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{hb^3}{12}$$



$$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64}$$



$$I_x = \frac{bh^3}{36}$$



## أنواع الاختبار، ا

① اختبار الانحناء الكمرى (2) اختبار الشد للبارد

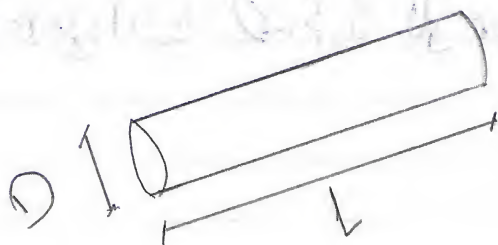
أولاً: اختبار الانحناء الكمرى

يتم تحميل الكمرات المختبرة بأحمال تسبب عزوم انحناء حتى الكسر حيث يتم تقدير الحمل وسهم الانحناء عند الكسر لتعيين مقاومة الانحناء وملاية هازة الكمره. ويمكن رسم منحنى الحمل وسهم الانحناء لتعيين خواص الميكانيكية طارة الكمره المختبره. وتتم المواصفات القياسية على ضرر هذا الاختبار على المواد القلبيات (حديد الزهر - الخرسانه - الخشب - الطوب وغيرها) لتعيين خواص مقاومة الانحناء والصلابة.

② عينات الاختبار : بحر العينة (L) فتادي من 7 إلى 12 مرة ارتفاع العينه (d)

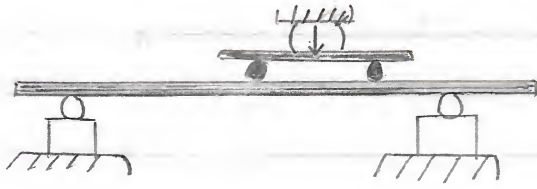
$$L = 6d \text{ to } 12d$$

لتسمح بالانحناء تحت أحمال الانحناء



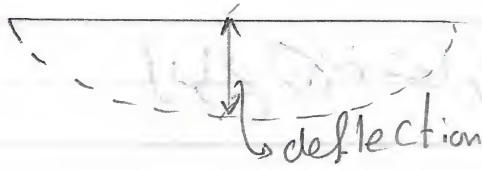


## خطوات التجربة



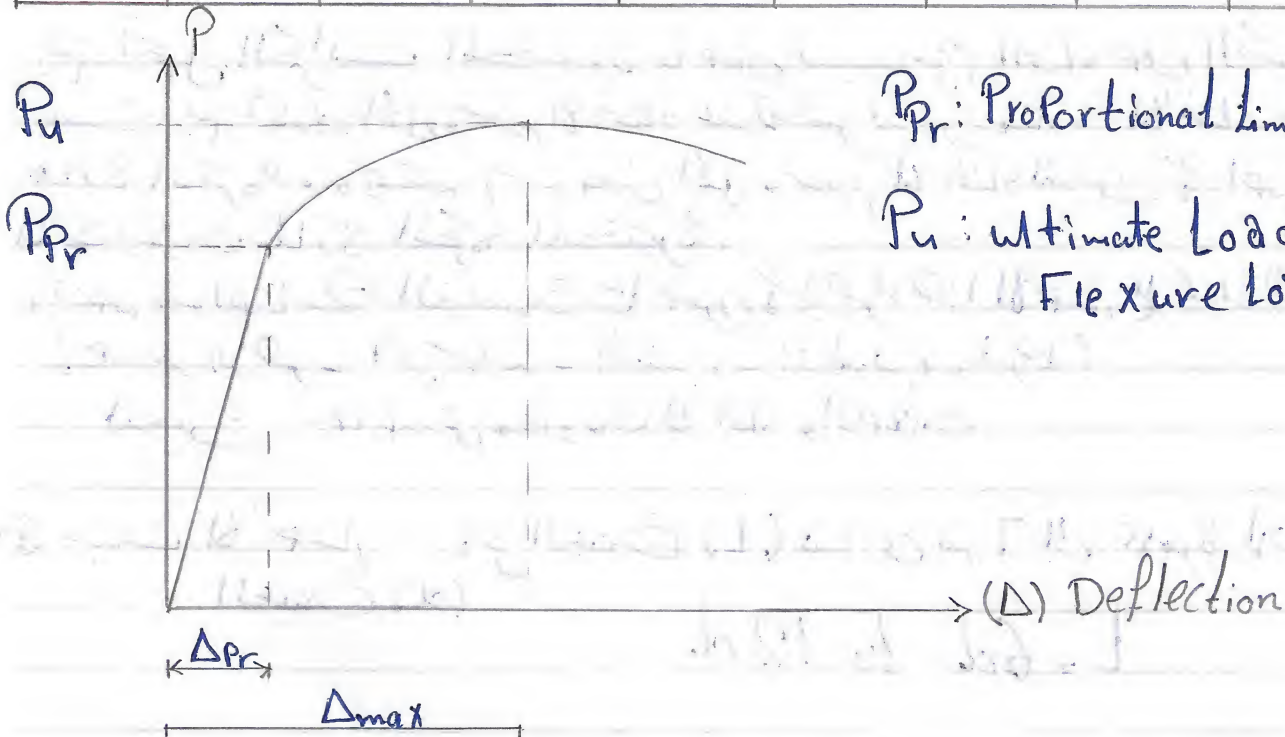
١- يتم تثبيت العين كما بالشكل .

٢- يتم التحميل عن اكسر وتسجيل الحمل والتركيب الناتج عنه باستخدام (dial gage)



٣- رسم العلاقة بين الحمل وسهم الانحناء

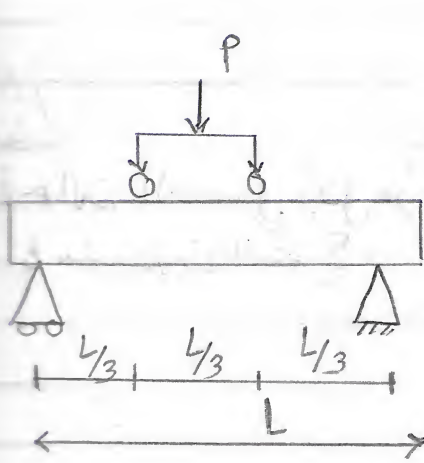
Load (P)	0	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	
Deflection ( $\Delta$ )	0	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$	



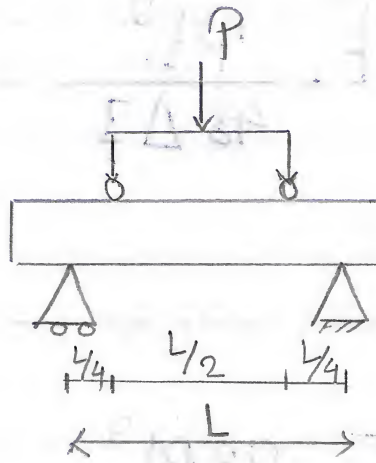
ويتم تعيين الأبعاد كما تظهر في الأرقام

نقطة التحميل . توضع قطع التحميل بما كانت الاختيار بحيث ينتقل الحمل إلى العينة في نقطتين ببحر الكرة وفي "نقطتين الثلث أو الربع البعير"

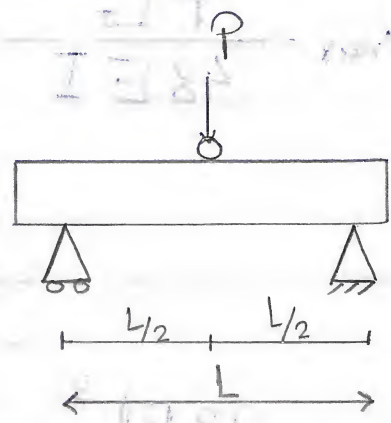
ميزة التحميل في نقطتين أنه يمكن الحصول على منطقة بالكرة تكون أكثر تأثر بحزم الأحمال الحالية ويبدو قوي قص ويفضل هذا النوع من التحميل في المواد القصفة وبالأخص الخرسانة. أما بالنسبة للمواد المرنة القصفة كما كبريد الزهر يفضل أن يكون التحميل في نقطة في منتصف الكرة بسهولة.



تحميل في نقطتين في تلك البعير



تحميل في نقطتين في البعير



تحميل في نقطة واحدة

### الخواص الميكانيكية في الأحمال

1- مقاومة الأحمال: يتم تعيين مقاومة الأحمال في حدود البروتات

$$I = \frac{M}{\sigma}$$

إحساب إجهاد الأحمال عند حد التناوب

المقاومة المقصود للأحمال: والتي تسمى معايير الكسر (Modulus of Rupture) فتعين للمواد القصفة وفي التي يجري عليها اختيار الأحمال غالباً باستناداً نفس المعادلات السابقة بالرغم من أن هذه المعادلات مستنتجات من اختبار حد البروتات فقط إلا أنه يمكن استخدامها مع التقريب البسيط

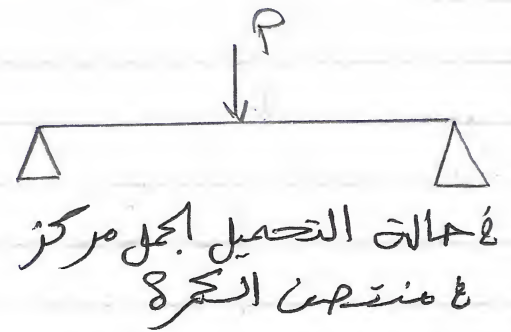


للمخازن القصية نظراً لعدم تغير مقطع الكر و تغيراً ملحوظاً عند الجسر  
عن المقطع أثناء التحميل الأولي المرين ، وانماست مقاومة القوسى  
مع حمل الكر او الحمل الثقيل في الاختيار

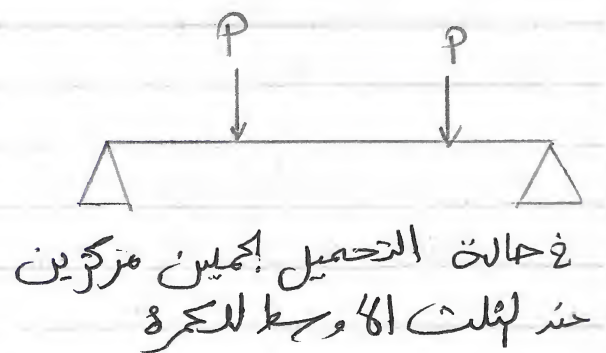
## ٢- الصلابة

تقاس صلابة لادة بقيمة معايير المرونة  
حيث ان الصلابة تتناسب تناسباً طردياً مع معايير المرونة  
ويبين معايير المرونة حالات:

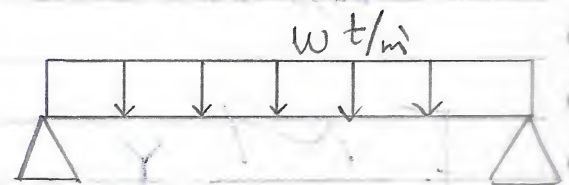
$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI} \quad E = \frac{PL^3}{48\Delta I}$$



$$\Delta_{max} = \frac{23PL^3}{1296EI} \quad E = \frac{23PL^3}{1296\Delta I}$$



$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI} \quad E = \frac{5wL^4}{384\Delta I}$$



$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{3EI} \quad \text{و} \quad \frac{PL^3}{3\Delta I}$$



في حالة التحميل الحمل مركز على  
كمره مثبتة على هيئة كابوكي

### ٣- الرجوعيات

في كمية الطاقة التي تمتصها العينة (الكمره)  
أدت تأثير الحمل في حمور المرونة ثم إعادة هذه الطاقة بعد إزالة الحمل.  
ويمكن التعبير عن رجوعيات المواد ومقارنتها في المواد باختلاف تأثير الرجوعيه

### ٤- المتانت

في كمية الطاقة التي تمتصها العينة (الكمره)  
من بداية التحميل وحتى الكسر وتمثلها مساحة الكمية تحت المنحنى

### الأنهار في الأثناء الكمرى

شكل الأنهار في الكمرات يختلف طبقاً للعوامل الآتية

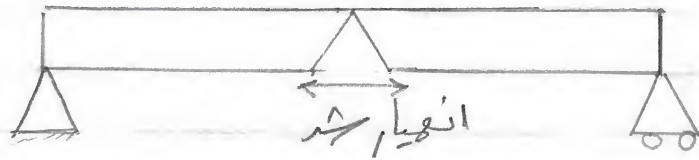
- نوع المادة
- نوع الإجهادات مسببة للأنهار
- أبعاد العينة المختبرية
- شكل و أبعاد المقطع المستعرض
- العلاقة بين إنتاج الكمره وطول إكمرها

يكون الأنهار غالباً في المواد القسوة بالكسر في مقطع الأكثر إجهاداً عند  
جزئيات الطرفية المجهرية بالشر . حيث تحمل المواد القسوة للشه  
ضعيف بالشه لتحميل في الضغط . فمثلاً يتحمل الحديد الزهر  
في كمره حوالي ٢٥% من مقاومته للضغط . وتحمل الخرسانة في كمره  
حوالي ١٥% من مقاومتها للضغط

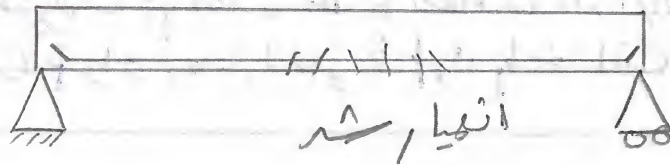


## ٥ اشكال الكسر للاختبارات المختلفة

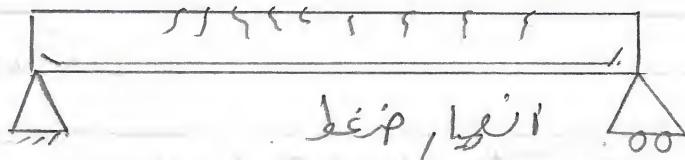
حديد زمر او حديد سائى بدون حديد تسليح



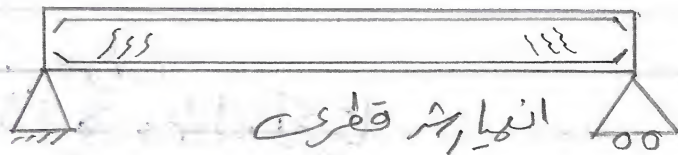
خرسانه بى حديد تسليح غير كاف



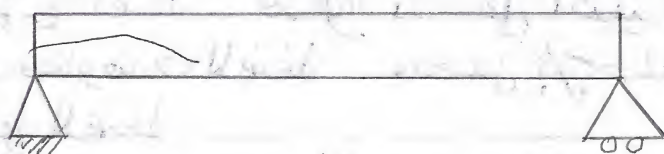
خرسانه بى حديد تسليح زائده فى منطقة الشتر



خرسانه بى حديد تسليح كافى علوى وقل



كمره مد خشب



انفجار قصه لاهشاب

ثانياً: اختيار الشئ على كبراد

⑦ الخوف من الاختيار

التأكد من تواجد خاصية المسئولية للمعلمة ودورها  
تأثير المعاملات والمعاملات الميكانيكية للمعلمة ونسب الثوابت  
لذلك من الضروري إجراء هذا الاختيار على أساس حديد التصليح للمعلمة  
لمساحة وميل مسامير ليرشام وأصلب الانشائي.  
وغالبية الاختيار مسئولية الوهلات للمعلمة.

⑦ عینات الا سیاح :

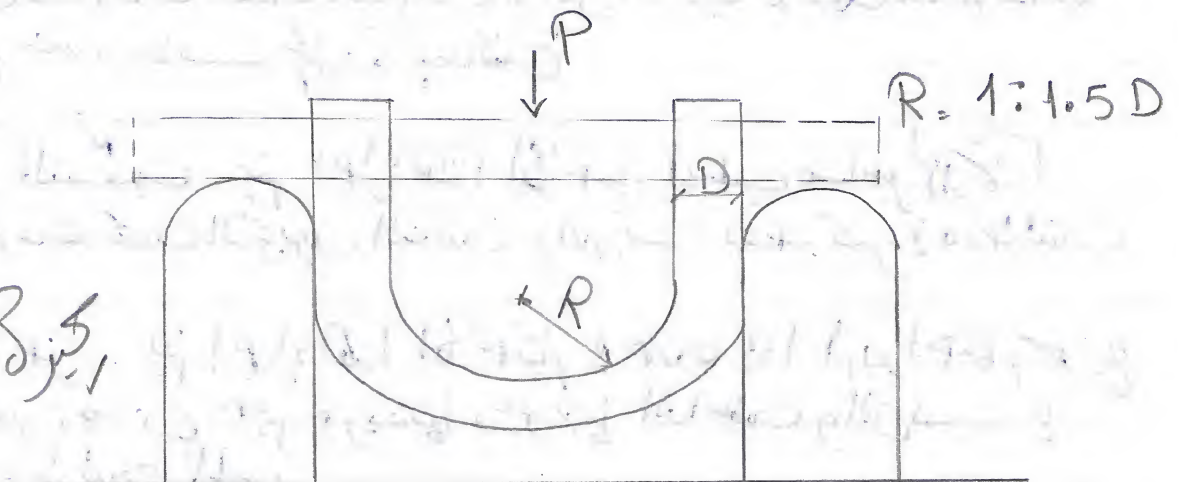
④ حیات و حیات .....  
 لیم تثبت علی حقیت یوازی طرفاً و تكون اخلاقه  
 به قطر الحینه ① ونصف محور السن کمال

١٣١ - كان قطر الشيخ  $\geq ٢١٥$  سم فإنه

$$R = 1.5D \quad " \quad " \quad " \quad \leq \quad " \quad " \quad " \quad " \quad "$$

ماكينات الاختبار للنن علي كباد

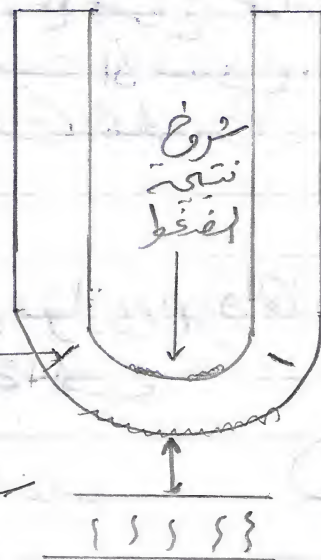
ایکری کہنا الاحتمار اما بشن العینۃ حول محور حقیقی یسوازی طرفاها  
او با' اخذ لام ها کینات الالاتحاد او 4 کینات الاحتمار العلمات





## أنواع المواد المختارة للبناء على البارد

يكثر استخدام المواد الحبيطة نتيجة إيجارات البارد أو الضغط أو قهره  
أو بالتشقق والكسر نتيجة لعدم تطابقها



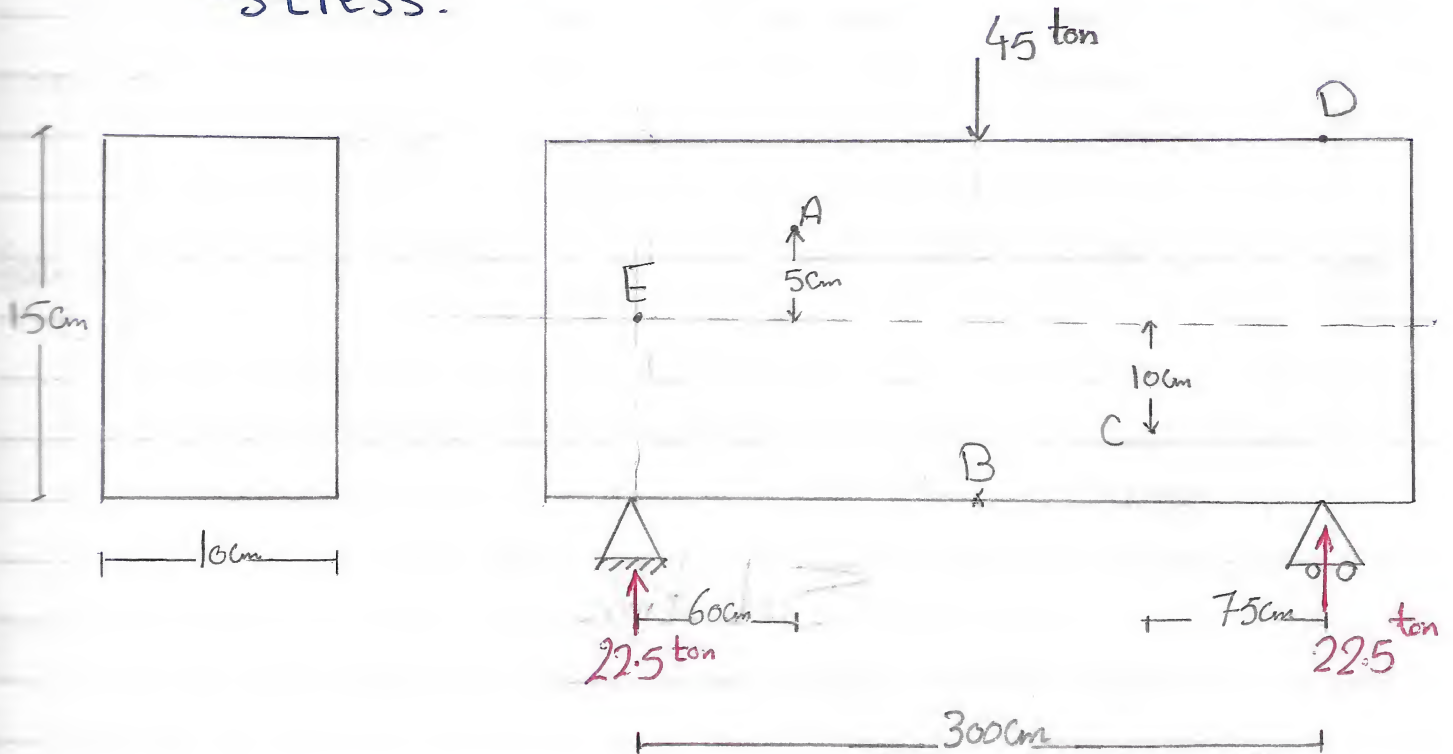
شكل الأنواع المواد الحبيطة في اختيار البنية على البارد

## اختيار البنية - أخرى

- 1- اختيار البنية على البارد: يتم إجراء هذا الاختيار على الجدران الطويلة الجدران  
مطوية مطعنة كمية الكربيد والتي تسبب في قلة مطوليت  
بشكل كبير عند درجات الحرارة العالية.
- 2- اختيار البنية التسقية: يتم إجراء هذا الاختيار لصلب مسامير البنية  
وذلك مطعنة كمية الكربون العالية والتي تسبب نقصه كبير في مطوليت.
- 3- اختيار البنية حر: يتم إجراء هذا الاختيار في حالة إذا أريد اختيار جميع  
المعادن لبيان مدى حجم ميزتها وعيوبها الداخلية والتي تسبب في  
نقص مطوليت المعادن.

## Examples

1. For The Following beam, Determine The max Flexural Stress.



Point	M (t.cm)	I (cm <sup>4</sup> )	y	$F = \frac{M}{I} y$ (t/cm <sup>2</sup> )
A	$22.5 \times 60 = 1350$	$\frac{Bh^3}{12} = \frac{10 \times 15^3}{12} = 2812.5 \text{ cm}^4$	5	2.4
B	$22.5 \times 150 = 3375$		7.5	9
C	$22.5 \times 75 = 1687.5$		10	6
D	0		7.5	0
E	0		0	0

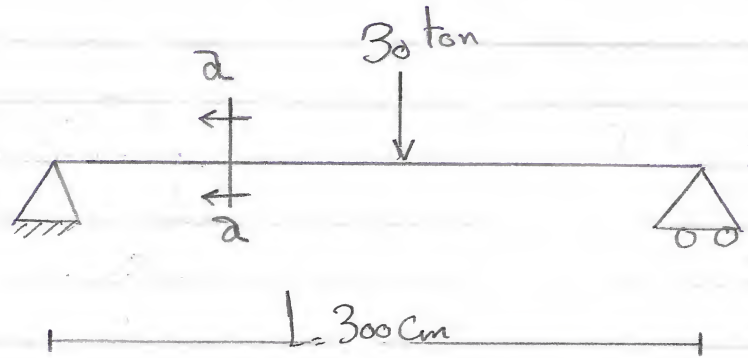
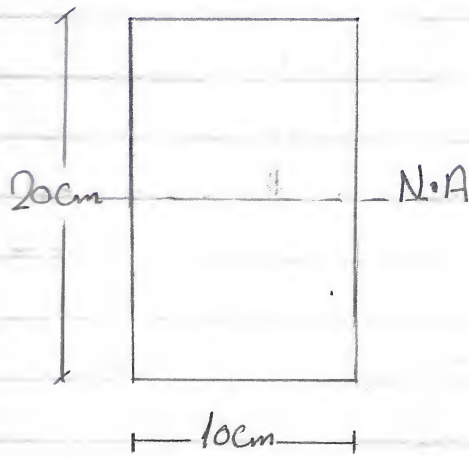
$\therefore \text{Max Flexural} = 9 \text{ t/cm}^2$

$\therefore \text{Determine The Max Deflection if } E = 2000 \text{ t/cm}^2$

$$\Delta = \frac{45 \times 300^3}{48 \times 2000 \times 2812.5} = 4.5 \text{ cm}$$

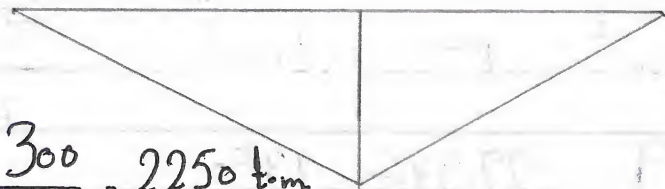


2. For The following beam, Determine The max Flexural Stress and deflection. if  $M.O.E = 2000 \text{ t/cm}^2$



Solution

B.M.D



$$\therefore M = \frac{PL}{4} = \frac{30 \times 300}{4} = 2250 \text{ t.m}$$

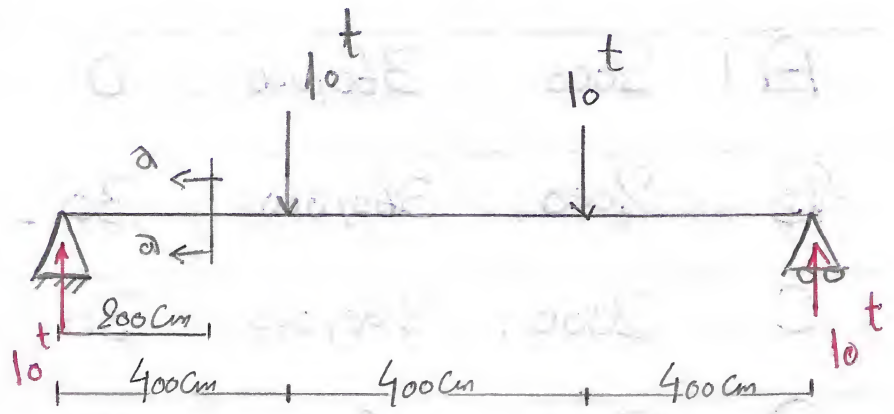
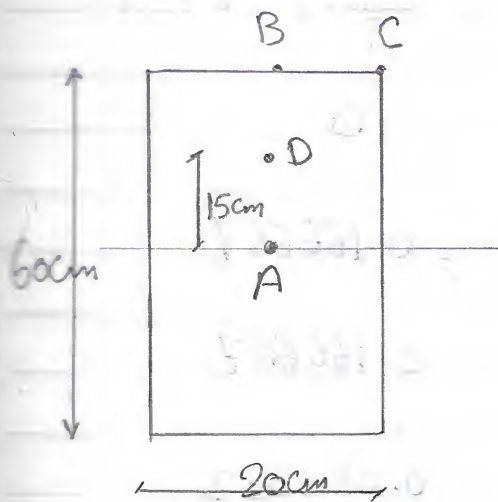
$$\therefore I = \frac{bh^3}{12} = \frac{10 \times 20^3}{12} = 6666.67 \text{ cm}^4$$

$$\therefore y = \frac{h}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ cm}$$

$$\therefore f = \frac{M}{I} y = \frac{2250}{6666.67} \times 10 = 3.375 \text{ t/cm}^2$$

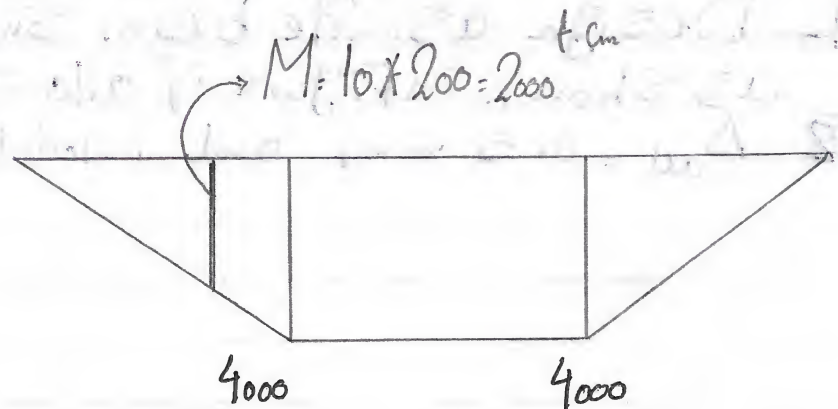
$$\therefore \Delta = \frac{P \cdot L^3}{48 EI} = \frac{30 \times 300^3}{48 \times 2000 \times 6666.67} = 0.7 \text{ cm}$$

3. For The following beam, Determine The max flexural & shear Stress at section (a-a) at Point A, B, C, D



Solution

B.M.D



$$M_{\max}, 4000 \text{ t.cm}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{20 \times 60^3}{12} = 360000 \text{ cm}^4$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{Max flexural stress, } \frac{M}{I} y = \frac{4000}{360000} \times 30 = 0.333 \text{ t/cm}^2$$

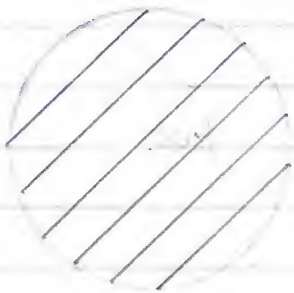


at section (a-a)

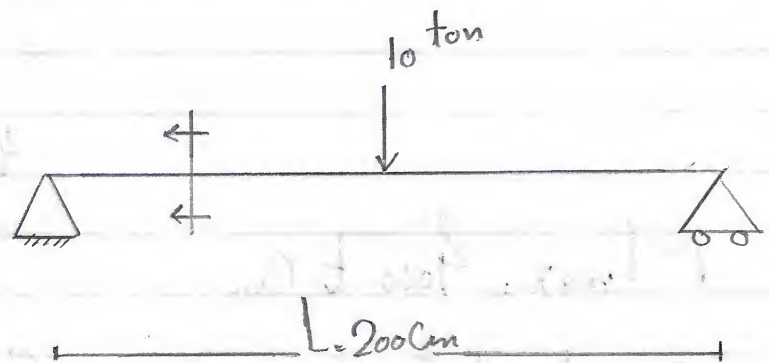
$$M_{at\ sec\ (a-a)} = 2000\ t \cdot cm$$

Point	M (t.cm)	I (cm <sup>4</sup> )	y (cm)	$P = \frac{M}{I} \times y\ t/cm^2$
A	2000	360,000	0	0
B	2000	360,000	30	0.166667
C	2000	360,000	30	0.166667
D	2000	360,000	15	0.083333

4. Design a simple beam subjected to 10 ton as shown in figure if allowable stress  $1200\ kg/cm^2$   
 $\Delta_{all} = 0.5\ mm$  and Modulus of Elasticity  $= 2000\ t/cm^2$



Sec (a-a)



Solution

$$M = \frac{10 \times 200}{4} = 500\ t \cdot cm \times 1000 = 500000\ kg \cdot cm$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$1200 = \frac{500000}{\frac{\pi}{64} \times D^4} \times \frac{D}{2}$$

$$500000 = 117.81 \times D^3$$

$$D = 16.19 \text{ cm}$$

→ 1

قطر العينه الذي يحقق شرط  
الاجهاد

$$\Delta_{all} = \frac{P \times L^3}{48 EI}$$

$$0.05 = \frac{10 \times 200^3}{48 \times 2000 \times I}$$

$$I = 16666.67 \text{ cm}^4$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{\frac{16666.67 \times \frac{\pi}{64}}{1}} = 24.14 \text{ cm}$$

→ 2

قطر العينه الذي يحقق شرط الترخيم

∴ اختيار القطر الأكبر الذي يحقق الشرطية = 24.14 cm



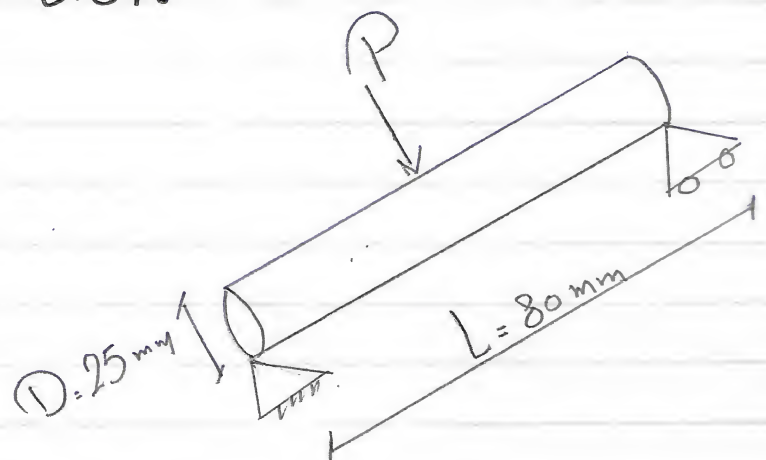
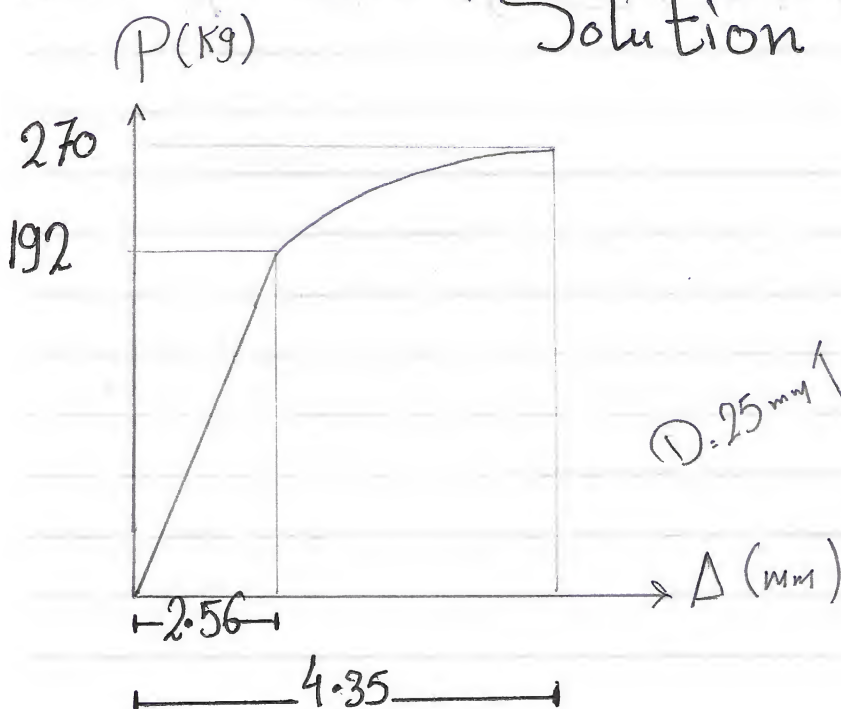
5. A Three Point bending test is Performed on a metallic beam made of steel bar and has a span of ~~80~~ 80 mm and a diameter of 25 mm. The Load  $P$  is applied at mid span of the beam and the deflection  $\Delta$  was recorded at same location. Data Collected UP to Failure are as follows

$P, \text{kg}$	0.0	24	48	72	108	144	192	216	240	264	270
$\Delta, \text{mm}$	0.0	0.32	0.64	0.96	1.44	1.92	2.56	3.30	3.79	4.10	4.35

Plot the  $P$ - $\Delta$  Relation Ship and find The followings

1. Modulus of Elasticity
2. " " resilience in bending
3. Max. elastic Stress and Strain
4. Modulus of rupture
5. The Permanent deflection if The applied Load  $P$  is increased from zero to 250 kg and then decreased back to zero

Solution



$$\therefore A = \frac{\pi}{4} (2.5)^2 = 4.91 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{64} (2.5)^4 = 1.92 \text{ cm}^4$$

$$P_{Pr} = 192 \text{ kg} \quad ? \quad P_u = 270 \text{ kg}$$

$$y = \frac{D}{2} = \frac{2.5}{2} = 1.25 \text{ cm} \quad \text{أقصى دائرة}$$

$$1. \quad E = \frac{P \cdot L^3}{48 \Delta I}$$

① استخدم أول نقطة في الجدول  
الذي بعد ٥٠٠

$$E = \frac{(24/1000) \times (8)^3}{48 \times (0.32/10) \times 1.92} = 4.1667 \text{ t/cm}^2$$

$$2. \text{ M.O.R} = \frac{1/2 \times P_{Pr} \times \Delta P_r}{Vol}$$

$$\frac{1/2 \times (192/1000) \times (2.56/10)}{4.91 \times 8} = 6.26 \times 10^{-4} \text{ t/cm}^2$$

$$3. \text{ Max elastic stress} \quad (F_{Pr}) \text{ أقصى إجهاد مروني}$$

$$\therefore F_{Pr} = \frac{M_{Pr}}{I} \cdot y$$



$$M_{Pr} = \frac{P_{Pr} \times L}{4} = \frac{(192/1000) \times 8}{4} = 0.384 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$\therefore f_{Pr} = \frac{0.384}{1.92} \times 1.25 = 0.25 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore e = \frac{f}{E} = \frac{0.25}{4.1667} = 0.059 \text{ cm/cm}$$

4. Modulus of Rupture :

مقاومت کشش

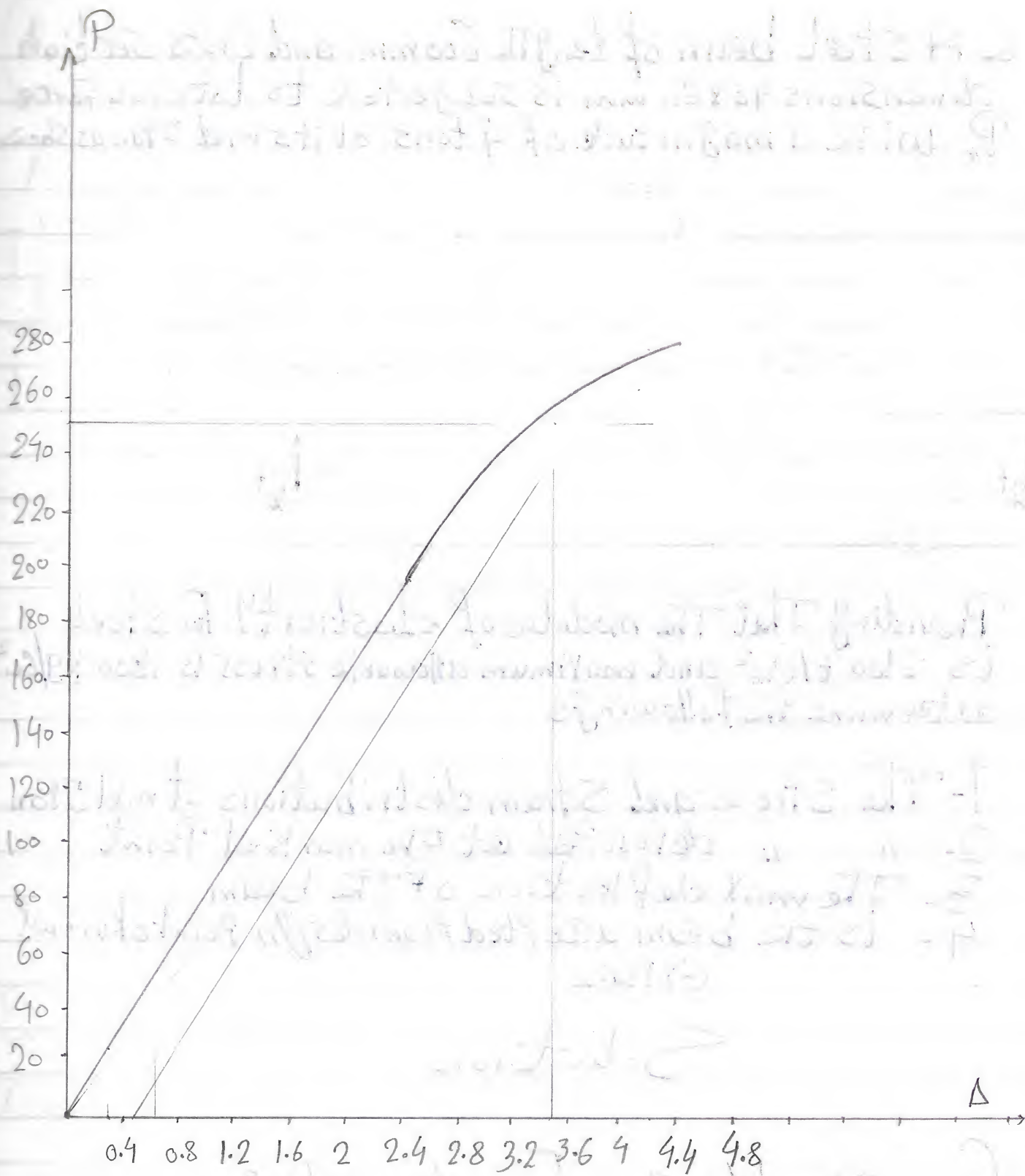
$$F_u = \frac{M_u}{I} \times y$$

$$M_u = \frac{P_u \times L}{4} = \frac{(270/1000) \times 8}{4} = 0.54 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$F_u = \frac{0.54}{1.92} \times 1.25 = 0.35 \text{ t/cm}^2$$

5. Remove load at 250 Kg

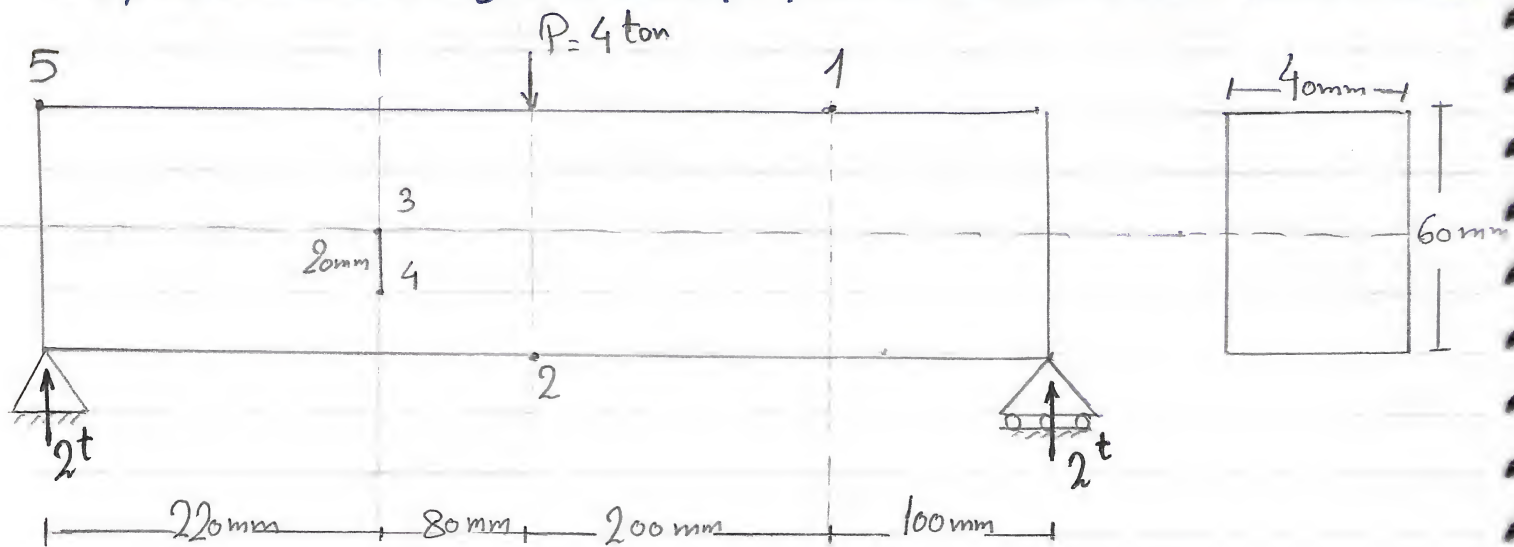
اگر 250 Kg وزن موجود باشد  
و بالتالي لا يتردد في بيانها بالترتيب



$\Delta = 0.5 \text{ mm}$



6. A steel beam of length 600 mm and cross section dimensions 40 x 60 mm is subjected to lateral force  $P$  with a magnitude of 4 tons at its mid span as shown



Providing That The modulus of elasticity for steel is  $2100 \text{ t/cm}^2$  and maximum allowable stress is  $1800 \text{ kg/cm}^2$  determine the followings

- 1- The stress and strain distributions at mid span
- 2- " " developed at the marked point
- 3- The max deflection of the beam
- 4- Is the beam accepted from design point of view? Explain

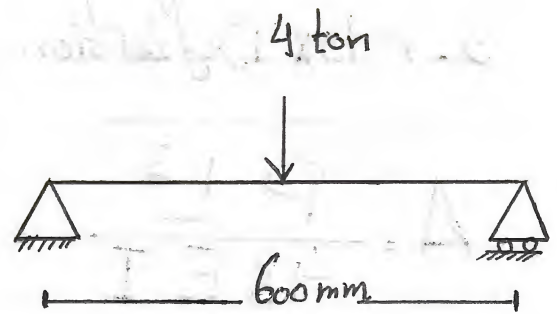
Solution

$$E = 2100 \text{ t/cm}^2 \quad F_{all} = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$$

1. at mid Span

$$M = \frac{PL}{4}$$



$$M = \frac{4 \times 60}{4} = 60 \text{ t.cm} \checkmark$$

$$\therefore f = \frac{M}{I} y \quad I = \frac{bh^3}{12} = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 \text{ cm}^4 \checkmark$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ cm} \checkmark$$

$$\therefore f = \frac{60}{72} \times 3 = 2.5 \text{ t/cm}^2 \Rightarrow \text{stress}$$

$$\therefore E = \frac{f}{e} \quad \therefore e = \frac{f}{E} = \frac{2.5}{2100} = 1.19 \times 10^{-3} \text{ cm/cm}$$

2. at Marked Point

Point	M (t.cm)	I (cm <sup>4</sup> )	y (cm)	$f = \frac{M}{I} y$
1	20	72	3.0	0.833
2	60	72	3.0	2.5
3	44	72	Zero	Zero
4	44	72	2.0	1.222
5	0	72	3.0	Zero



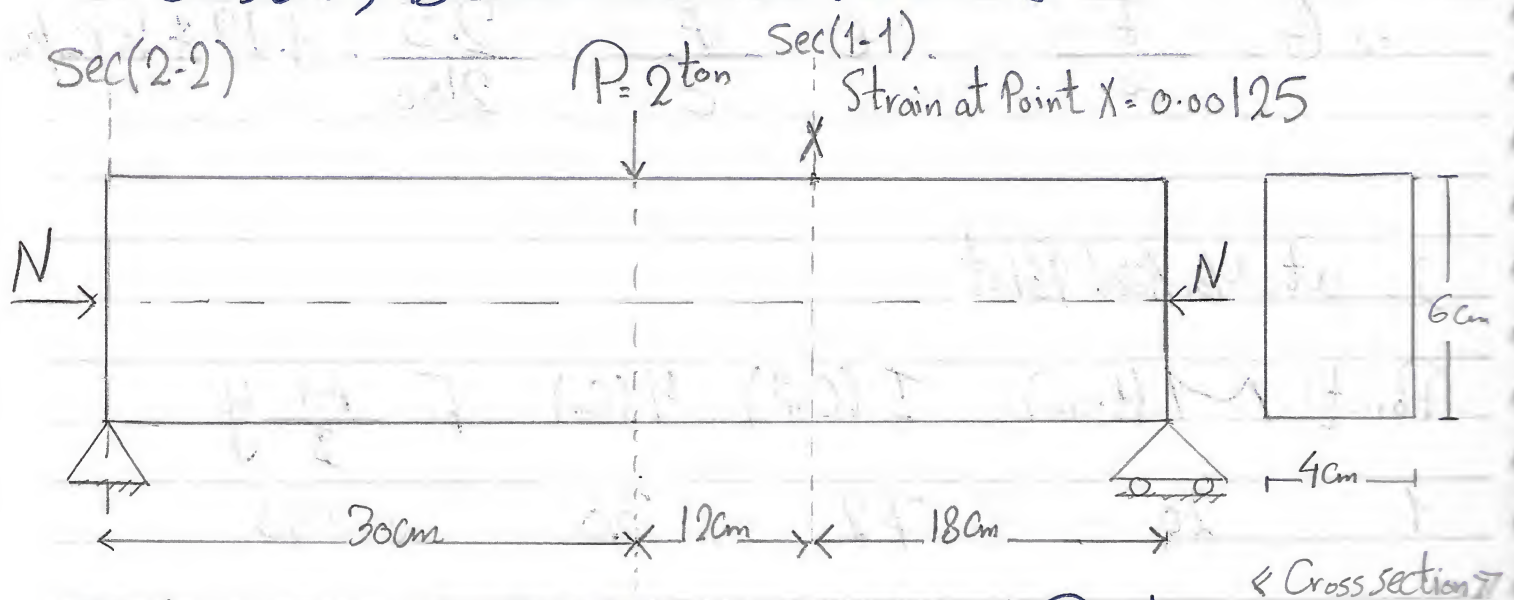
### 3. Max Deflection

$$\Delta = \frac{P L^3}{48 E I} = \frac{4 \times 60^3}{48 \times 2100 \times 72} = 0.12 \text{ cm}$$

4. The beam not accepted, because

$$F_{all} = 1.8 \text{ t/cm}^2 < F_{max} = 2.5 \text{ t/cm}^2$$

7. A steel beam is subjected to a lateral Force  $P = 2 \text{ ton}$  at its mid span and an axial Comp. Force  $N$  as shown. The measured strain at Point  $X$  is  $0.00125$  (Compression). The Modulus of elasticity of steel is  $1800 \text{ t/cm}^2$  and the material is assumed elastic, Determine the following



- Determine:
1. The stress developed at Point  $X$
  2. The applied Compression force  $N$
  3. The Stress distributions at section 5 at mid-span (Section 1) and at support (Section 2)

Solution::

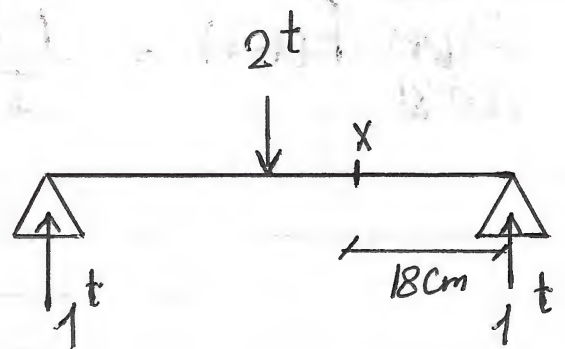
$$e_x = 0.00125$$

$$I = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 \text{ cm}^4$$

$$\therefore E = \frac{F}{e} \quad \therefore F_x = E \times e = 1800 \times 0.00125 = 2.25 \text{ t/cm}^2 \rightarrow \textcircled{1}$$

∴ at Point (x)

$$M_x = 1 \times 18 = 18 \text{ t} \cdot \text{cm}$$



$$\therefore F_x = \text{مردود ناتج منحنی} + \text{مردود ناتج تنش}$$

$$= \frac{M}{I} \times y + \frac{N}{A} \rightarrow b \times h$$

$$2.25 = \frac{18}{72} \times 3 + \frac{N}{4 \times 6}$$

$$2.25 = 0.75 + \frac{N}{24}$$

$$1.5 = \frac{N}{24}$$

$$\therefore N = 36 \text{ ton} \rightarrow \textcircled{2}$$



at Section 1

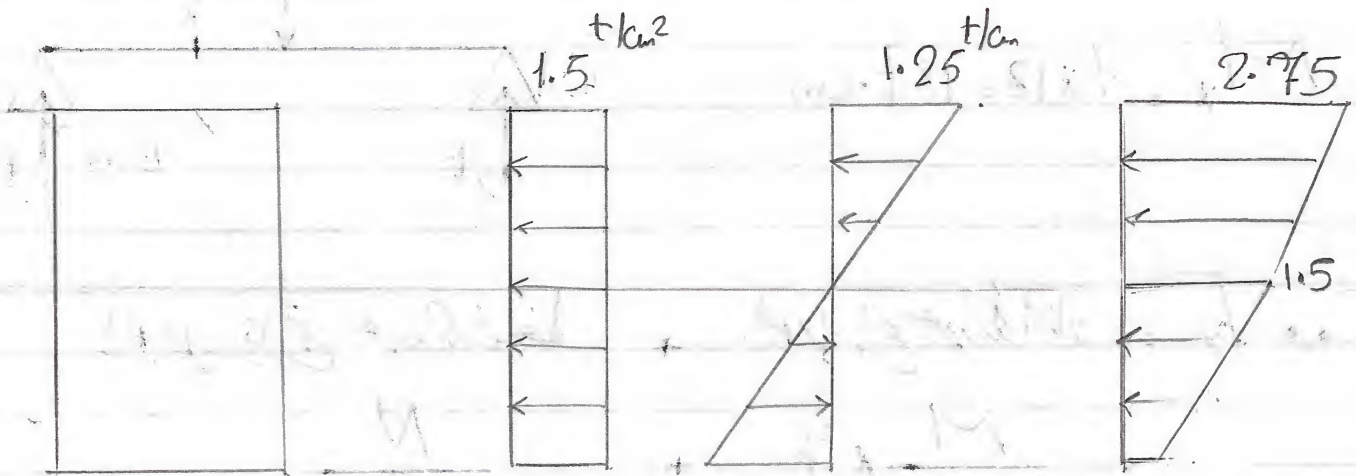
$$M = \frac{PL}{4} = \frac{2 \times 60}{4} = 30 \text{ t.Cm}$$

تسوية N  

$$f_{(1-1)} = \frac{N}{A} = \frac{36}{4 \times 6} = 1.5 \text{ t/cm}^2 \text{ (Comp)}$$

تسوية P  

$$f_{(1-1)} = \frac{M}{I} \times y = \frac{30 \times 3}{72} = 1.25 \text{ t/cm}^2$$

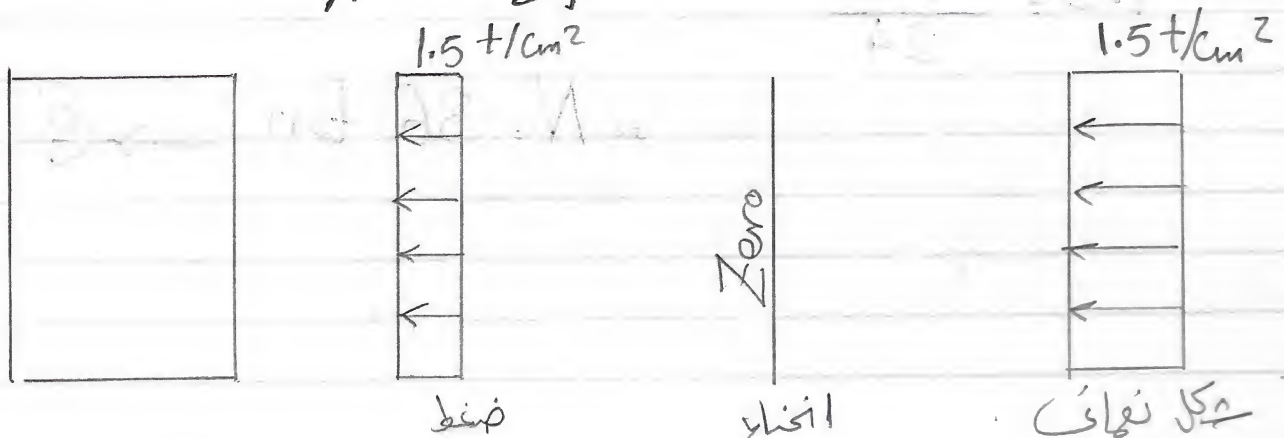


at section 2

$$M = 0.0$$

$$f_{(2-2)} = \frac{N}{A} = \frac{36}{24} = 1.5 \text{ t/cm}^2 \text{ Comp}$$

مركز الوكشوة



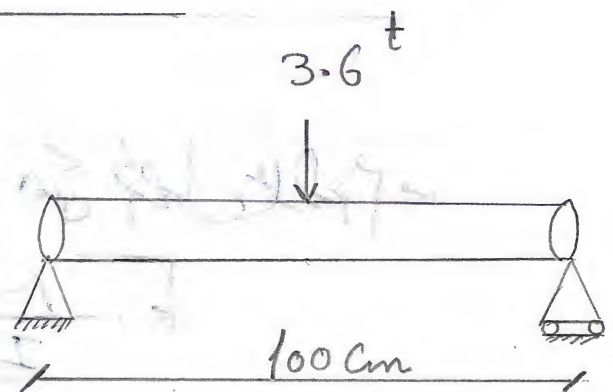
8. Design a simple beam with circular cross section area and with span of 100 cm subjected to 3.6 ton concentrated load applied at mid span if the allowable stress =  $1600 \text{ kg/cm}^2$ , and the allowable deflection is 0.5 mm. Know that modulus of elasticity is  $2000 \text{ t/cm}^2$

Solution:

$$\sigma_{all} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_{all} = 0.5 \text{ mm}$$

$$M.O.E = 2000 \text{ t/cm}^2$$



$$E = \frac{P \times L^3}{48 \Delta I}$$

$$2000 = \frac{3.6 \times 100^3}{48 \times 0.05 \times I}$$

$$I = 750 \text{ cm}^4$$

$$M = \frac{P \times L}{4} = \frac{3.6 \times 100}{4} = 90 \text{ t.cm}$$

$$\sigma_{all} = \frac{M}{I} y$$

$$1.6 = \frac{90}{750} y \quad y = 13.33 \text{ cm} = \frac{D}{2}$$



$$\therefore D = 26.67 \text{ cm}$$

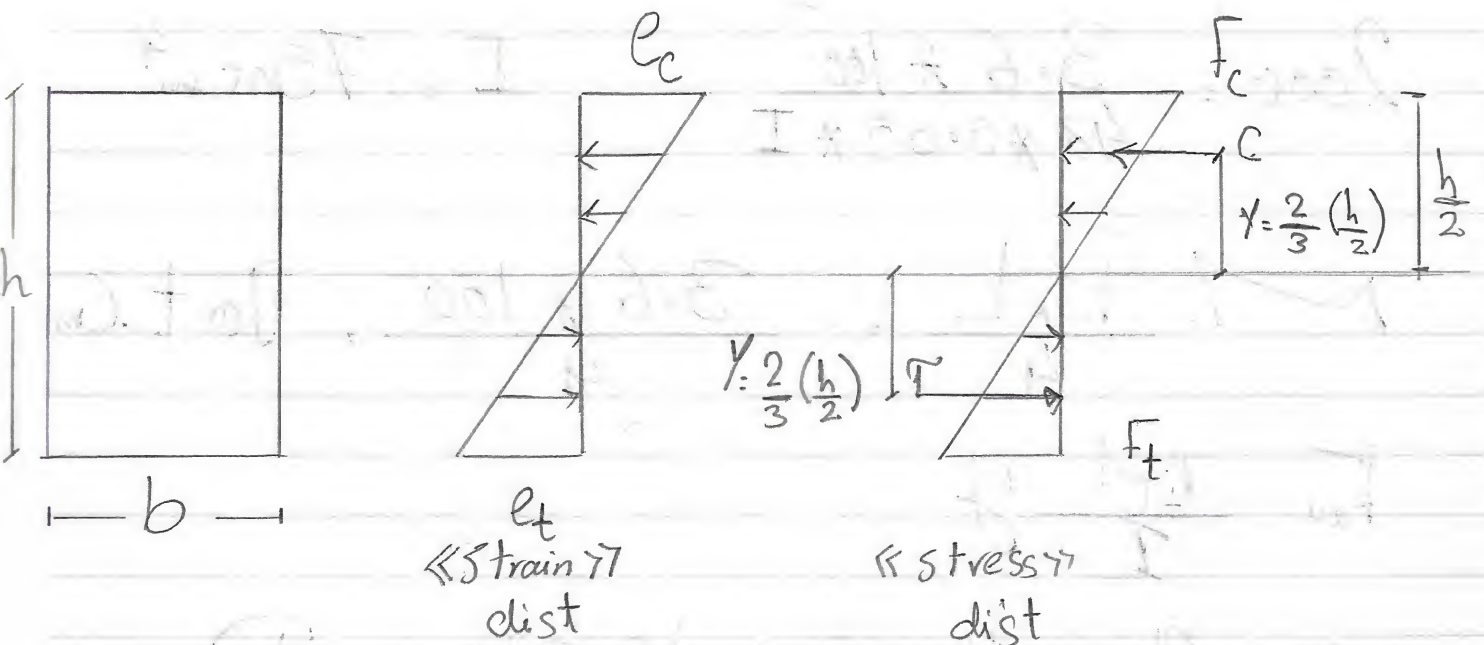
$$A = \frac{\pi}{4} (26.67)^2 = 558.64 \text{ cm}^2$$

الزخم خارج المرونة Moment upper Elastic

\* > اخل منطقة المرونة :  
 بمعلومات لا يمكن الحصول على الزخم من خلال قانونه  

$$F = \frac{M}{I} y$$

خارج منطقة المرونة :  
 لا يمكن استخراج القانون السابق وذلك يتم عمل توزيع الأحمال والاضافات على القطع للحصول على الزخم



$$\therefore C = > \text{مساحة الشد} + \text{مساحة الضغط} \quad b$$

$$= \frac{1}{2} * \left(\frac{h}{2}\right) * (f_c) * b$$

الجزء لقوى الشد

$$\therefore M_c = C * y \quad y = \frac{2}{3} \left(\frac{h}{2}\right)$$

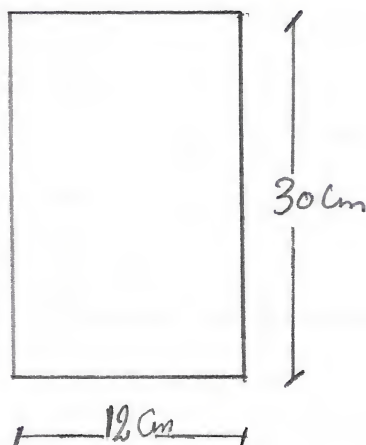
$$\therefore C = T \quad \therefore M_t = T * y$$

$$\therefore M_{\text{total}} = M_c + M_t$$

$$M_{\text{total}} = C * y * 2$$

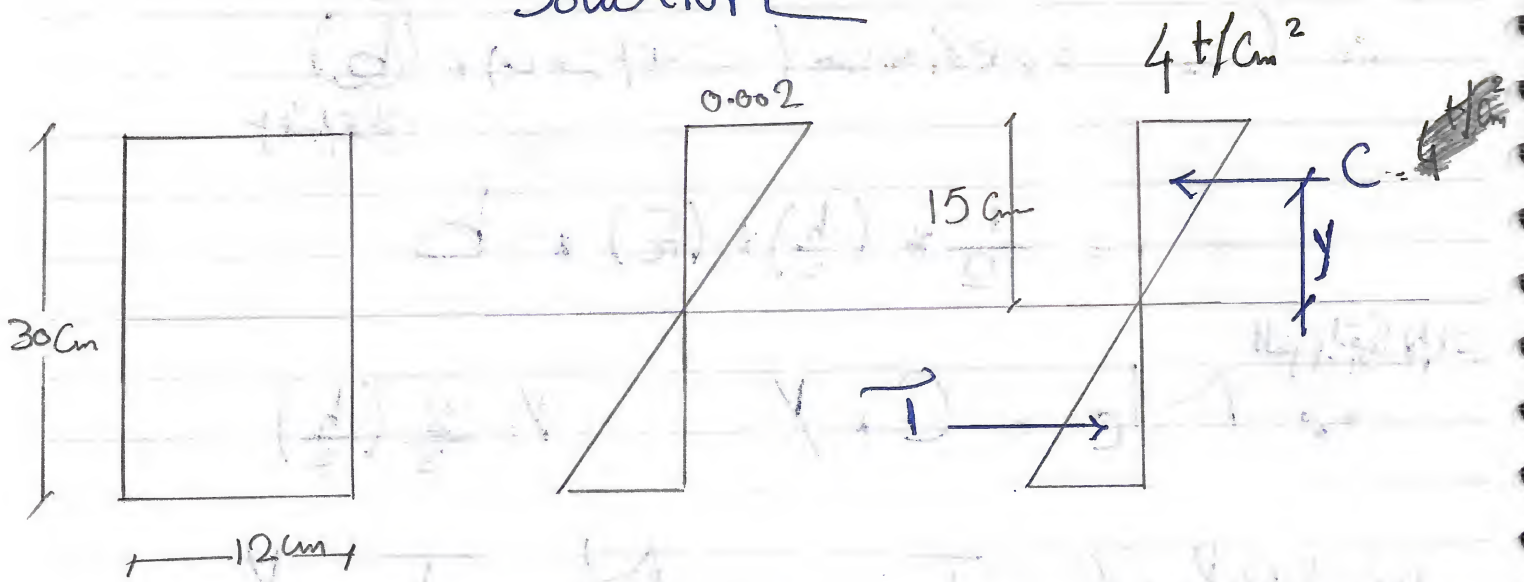
Ex: 1

Find Moment that can be resisted by a steel rectangle cross section of  $12 * 30 \text{ cm}$  > Strain = 0.002  
Modulus of Elastic =  $2000 \text{ t/cm}^2$  (Span = 4 m)





# Solution



$$\therefore C = \frac{F}{e} \quad F = C \cdot e$$

$$F = 0.002 \times 2000 = 4 \text{ t/cm}^2$$

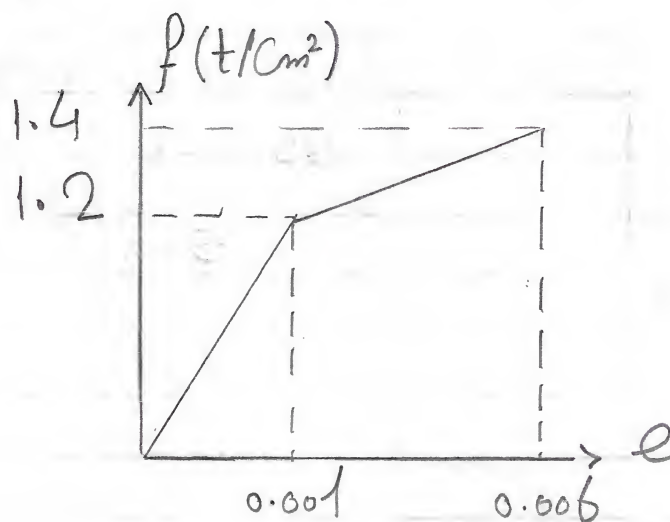
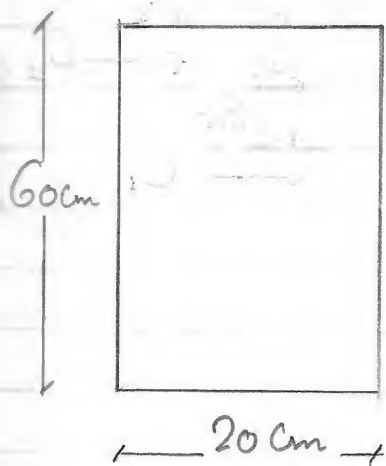
$$C = \frac{1}{2} \times 15 \times 4 \times 12 = 360 \text{ t}$$

$$M = C \times y_c = 360 \times \frac{2}{3} \times 15 = 3600 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$M_{\text{tot}} = 3600 \times 2 = 7200 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

Ex: 1

Find the Elastic Moment and the ultimate moment for the following section.



① Elastic Moment

$$f = \frac{M}{I} y$$

$$I = \frac{20 \times 60^3}{12} = 360000 \text{ cm}^4$$

$$y = 30 \text{ cm}$$

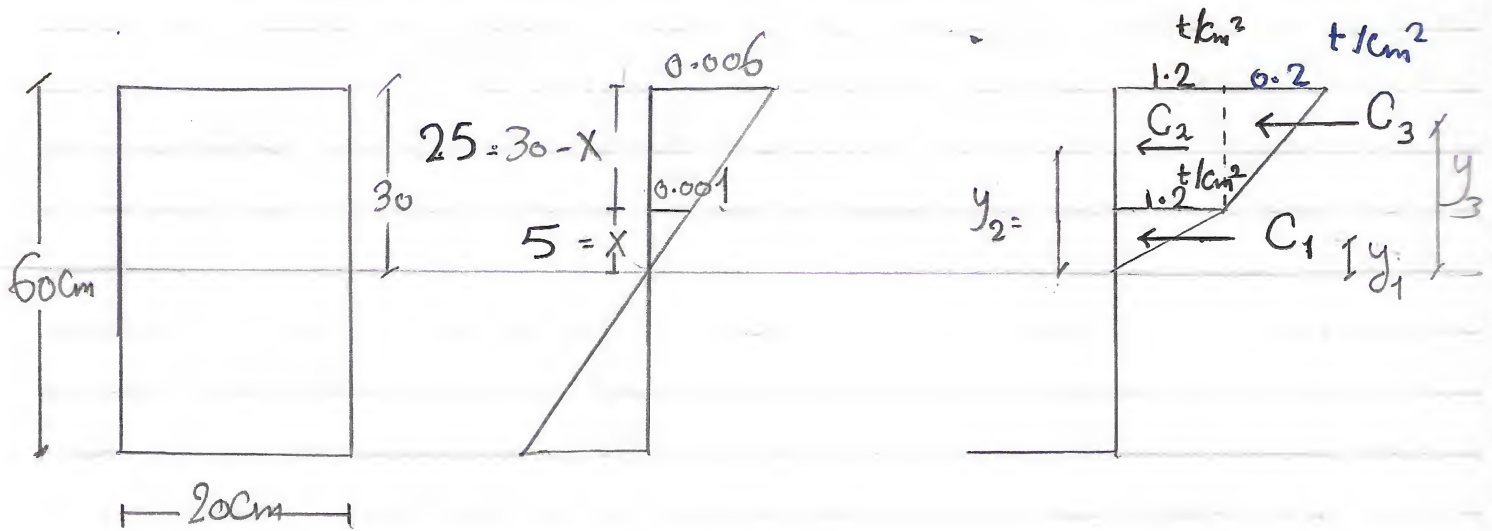
$$f_{Pr} = 1.2 \text{ t/cm}^2 \text{ "given"}$$

$$\therefore 1.2 = \frac{M}{360000} \times 30$$

$$\therefore M_e = 14400 \text{ t. cm}$$



## 2- Ultimate Moment ( $M_u$ )



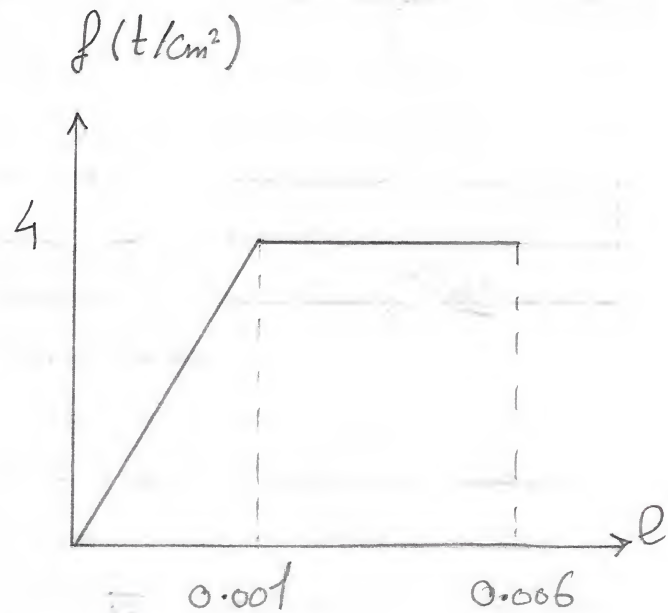
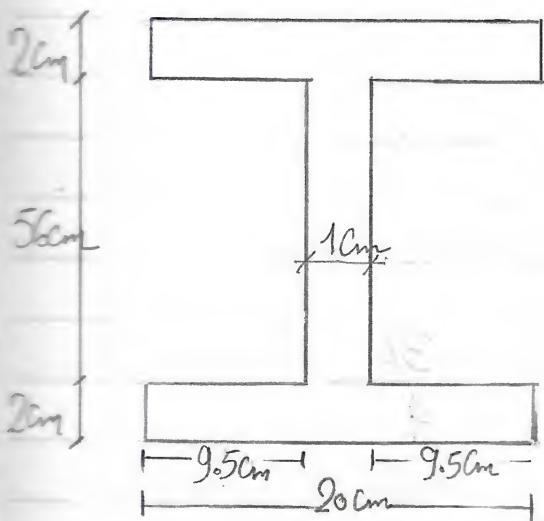
$$\frac{x}{0.001} = \frac{30}{0.006} \Rightarrow x = 5 \text{ cm}$$

Force : $\sim$ مساحة الضغط $\times$ العرض	$y_{ct}$ ذراع الضغط	$M = C \times y_c$ العزم
$C_1 = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 5 \times 20$ $= 60 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[ \frac{2}{3} \times 5 \right] \times 2$ $= 6.67 \text{ cm}$	$M_1 = 60 \times 6.67 =$ $402 \text{ t} \cdot \text{cm}$
$C_2 = 25 \times 1.2 \times 20 = 600 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[ \frac{25}{2} + 5 \right] \times 2$ $= 35 \text{ cm}$	$M_2 = 600 \times 35 =$ $21000 \text{ t} \cdot \text{cm}$
$C_3 = \frac{1}{2} \times 25 \times 0.2 \times 20$ $= 50 \text{ ton}$	$y_{ct3} = \left[ \frac{2}{3} \times 25 + 5 \right]$ $\times 2 =$ $43.3 \text{ cm}$	$M_3 = 50 \times 43.3$ $= 2165 \text{ t} \cdot \text{cm}$

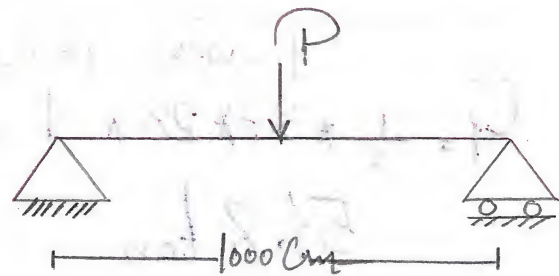
$$M_u = \sum M_i = 23567 \text{ k.Cm}$$

Ex: 2

Find the Elastic Moment and the ultimate Moment for The Following section: .



- Determine Elastic Load (Proportional Load) and the ultimate Load if beam a simple beam

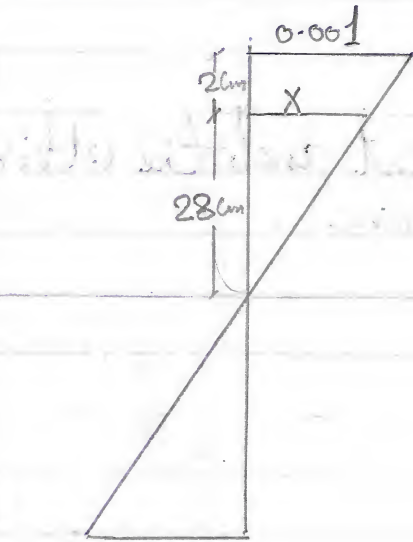
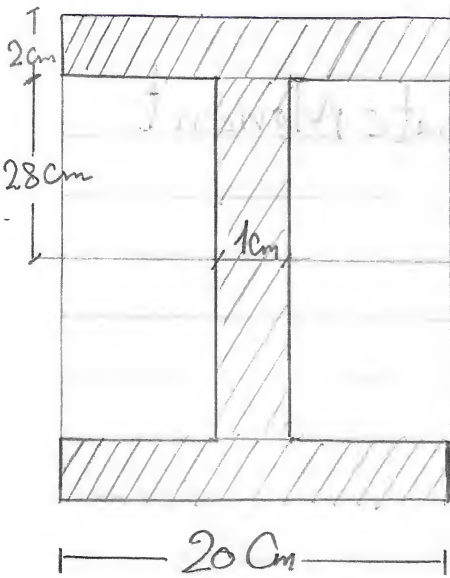


Flange & web

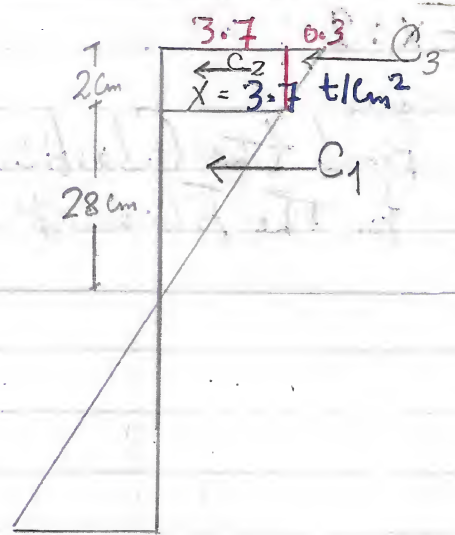


# (i) Elastic Moment "Proportional Limit Moment"

$$F = 4 \text{ t/cm}^2$$



« Strain dist. »



« Stress dist »

$$\frac{28}{X} = \frac{30}{0.001}$$

$$X = 0.0009$$

$$\frac{28}{\bar{X}} = \frac{30}{4}$$

$$\bar{X} = 3.7 \text{ t/cm}^2$$

Force = area \* stress

$y_{ct} = \text{distance}$

$M = C \cdot y_{ct}$

1 = web (middle part)

$$C_1 = \frac{1}{2} \times 3.7 \times 28 \times 1 = 51.8 \text{ ton}$$

$$y_{ct1} = \left[ \frac{2}{3} \times 28 \right] \times 2 = 37.3 \text{ cm}$$

$$M_1 = 51.8 \times 37.3 = 1932.14 \text{ t.cm}$$

$$C_2 = 3.7 \times 20 \times 2 = 148 \text{ ton}$$

$$y_{ct2} = \left[ \frac{2}{2} + 28 \right] \times 2 = 58 \text{ cm}$$

$$M_2 = 148 \times 58 = 8584 \text{ t.cm}$$

$$C_3 = \frac{1}{2} \times 2 \times 0.3 \times 20 = 6 \text{ ton}$$

$$y_{ct3} = \left[ \frac{2}{3} \times 2 + 28 \right] \times 2 = 58.7 \text{ cm}$$

$$M_3 = 6 \times 58.7 = 352.2 \text{ t.cm}$$

$$M_e = \Sigma M = 10868.34 \text{ t.cm} \quad \checkmark$$

Another way

با استفاده از قانون هریوت

$$I = \frac{20 \times 60^3}{12} - 2 \times \frac{9.5 \times 56^3}{12} = 81941.3 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{M}{I} y \quad 4 = \frac{M}{81941.3} \times 30$$

$$M = 10925.51 \text{ t.cm} \quad \checkmark$$

Elastic Load

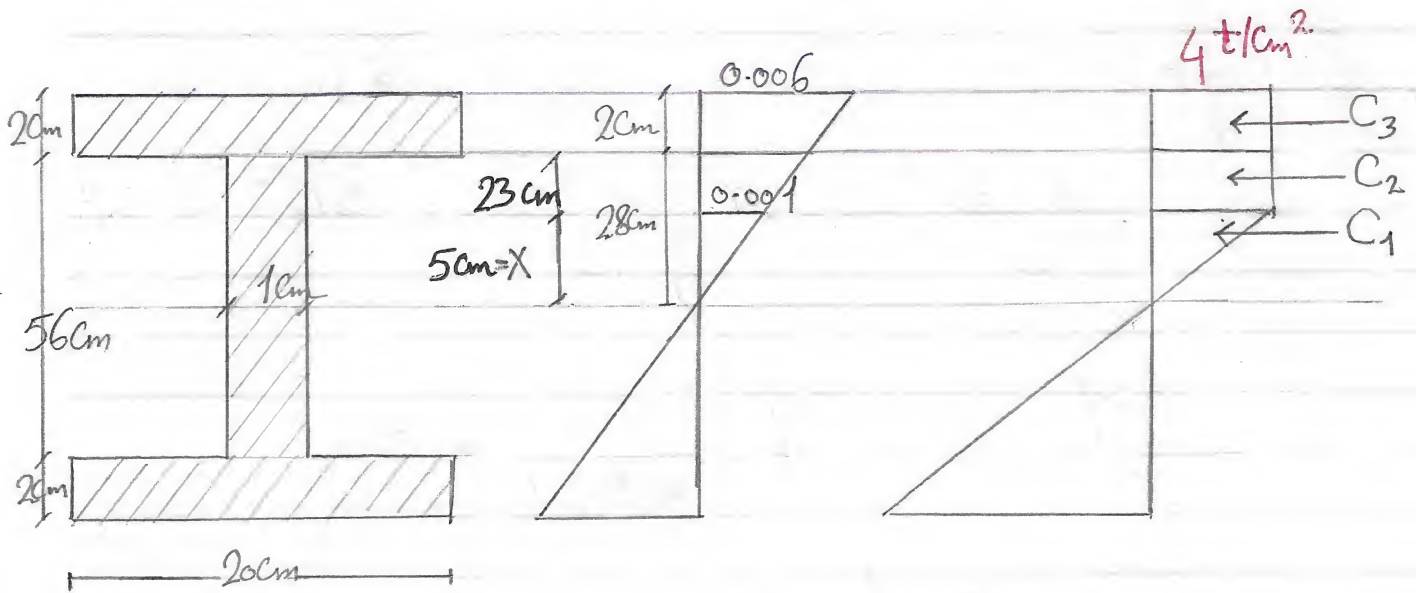
Simple beam  $M_e = \frac{P_e \times L}{4}$

$$10925.51 = \frac{P_e \times 1000}{4}$$

$$P_e = 43.7 \text{ ton}$$



## 2) Ultimate moment ( $M_u$ )



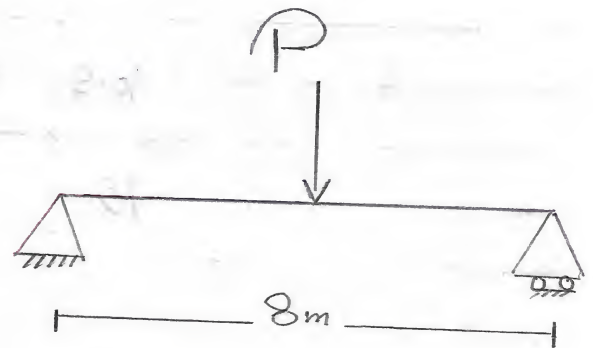
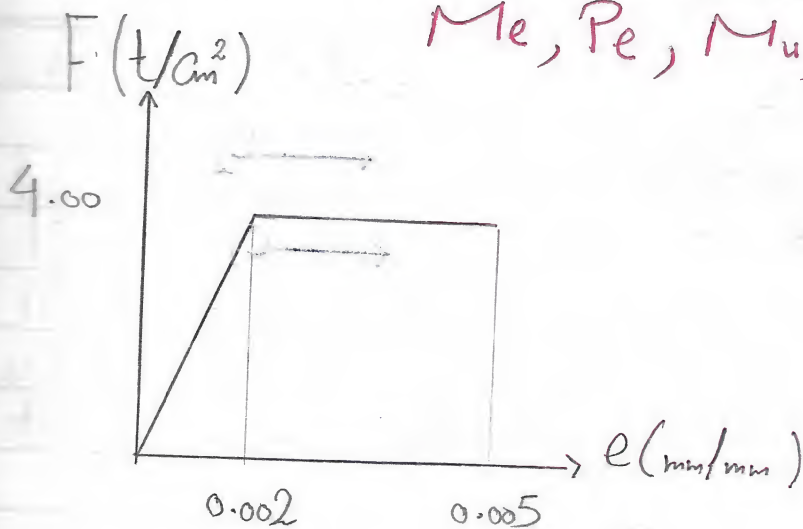
$$\frac{X}{0.001} = \frac{30}{0.006} \quad X = 5 \text{ cm}$$

Forces = $\text{stress} \times \text{area}$	$y_{ct}$ = $\text{distance}$	$M = C \times y_{ct}$
$C_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 5 \times 1 = 10 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[ \frac{2}{3} \times 5 \right] \times 2 = 6.67 \text{ cm}$	$M_1 = 10 \times 6.67 = 66.7 \text{ t.cm}$
$C_2 = 23 \times 4 \times 1 = 92 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[ \frac{23}{2} + 5 \right] \times 2 = 33 \text{ cm}$	$M_2 = 92 \times 33 = 3036 \text{ t.cm}$
$C_3 = 2 \times 4 \times 20 = 160 \text{ ton}$	$y_{ct3} = \left[ \frac{2}{2} + 28 \right] \times 2 = 58 \text{ cm}$	$M_3 = 160 \times 58 = 9280 \text{ t.cm}$
		$M_{ut} = 12382.7 \text{ t.cm}$

Ex: 3

Determine the elastic and ultimate moment that can be resisted by a steel beam of cross section dimensions  $18 \times 36$  cm and 8m span. Also find the elastic and ultimate load. if the steel beam is subjected to a concentrated load applied at the mid span and the stress strain relationship in tension and compression of the beam's material is as follows

$M_e, P_e, M_u, P_u$

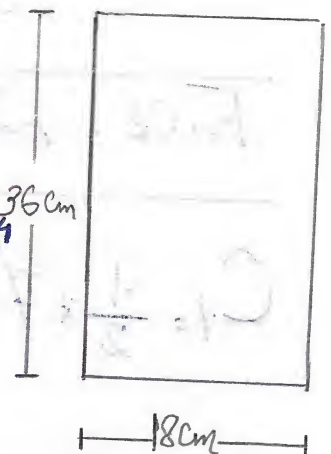


1. Elastic Moment (Proportional)

$$F = \frac{M_e}{I} y \quad y = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$4 = \frac{M_e \times 18}{69984}$$

$$I = \frac{18 \times 36^3}{12} = 69984 \text{ cm}^4$$



$$M_e = 15552 \text{ t.cm} \checkmark$$



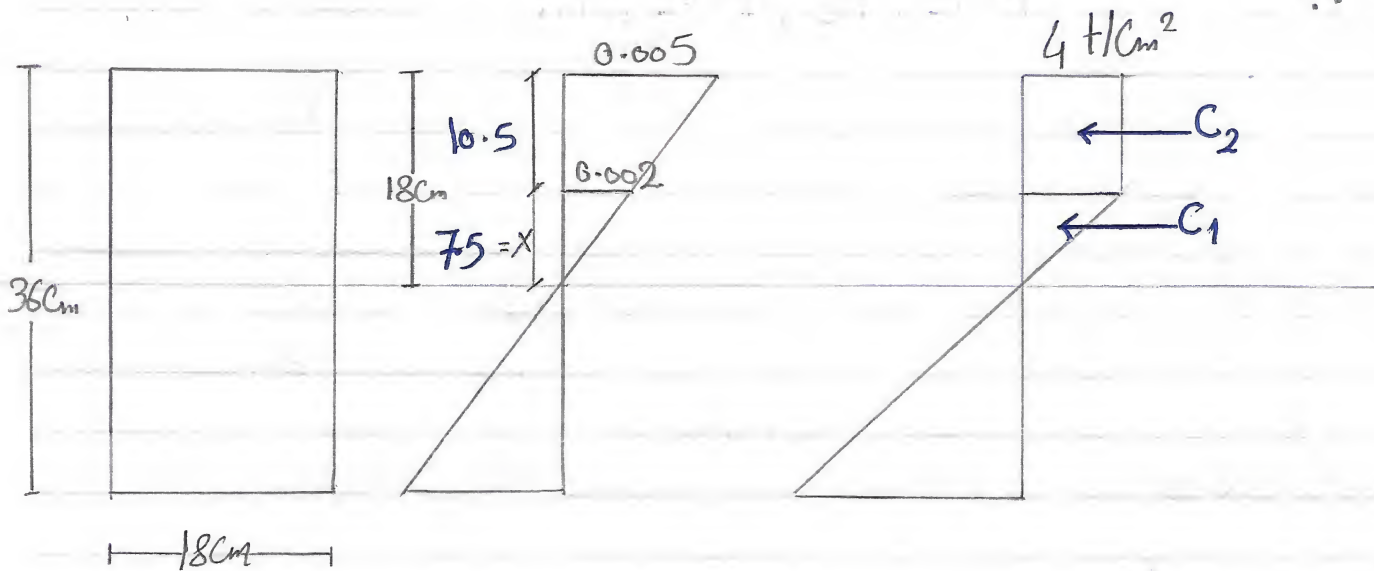
$$M = \frac{P_e \cdot L}{4}$$

"Simple beam"

$$15552 = \frac{P_e \cdot 800}{4}$$

$$P_e = 77.76 \text{ ton} \checkmark$$

2 - Ultimate Moment ( $M_u$ )



$$\frac{X}{0.002} = \frac{18}{0.005} \quad X = 7.5 \text{ cm}$$

Force : $\text{قوة}$ * $\text{مساحة}$	$y_{ct}$ : $\text{ذراع العزم}$	$M = C * y_{ct}$
$C_1 = \frac{1}{2} \times 7.5 \times 4 \times 18 = 270 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[ \frac{2}{3} \times 7.5 \right] \times 2 = 10 \text{ cm}$	$M_1 = 270 \times 10 = 2700 \text{ t.cm}$
$C_2 = 10.5 \times 4 \times 18 = 756 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[ \frac{10.5}{2} + 7.5 \right] \times 2 = 25.5 \text{ cm}$	$M_2 = 756 \times 25.5 = 19278$

$$\sum M = M_u = M_1 + M_2 = 21978 \text{ t.Cm} \checkmark \checkmark$$

$$\therefore M = \frac{P_u \times L}{4}$$

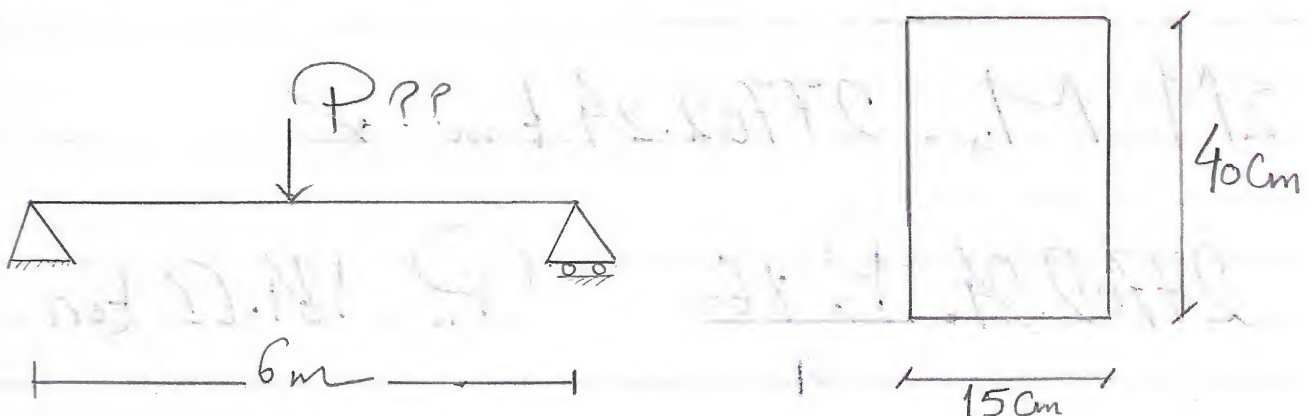
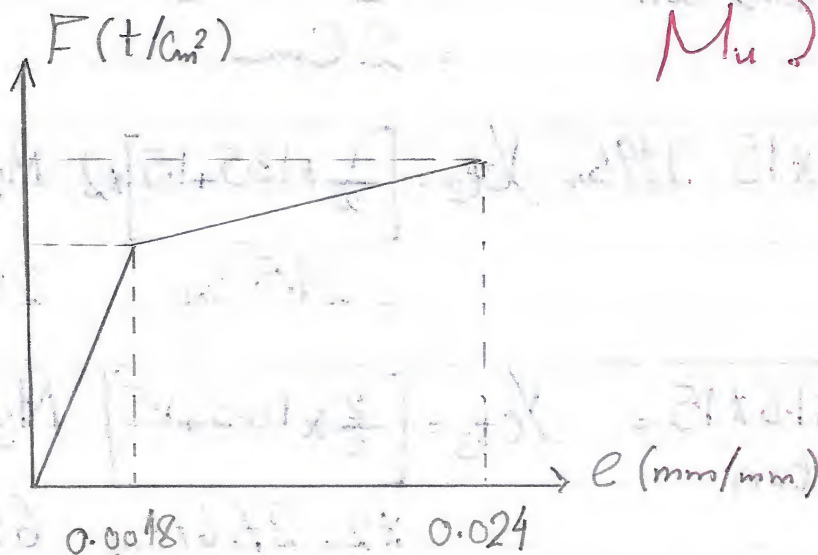
$$21978 = \frac{P_u \times 800}{4}$$

$$\therefore P_u = 109.89 \text{ ton}$$

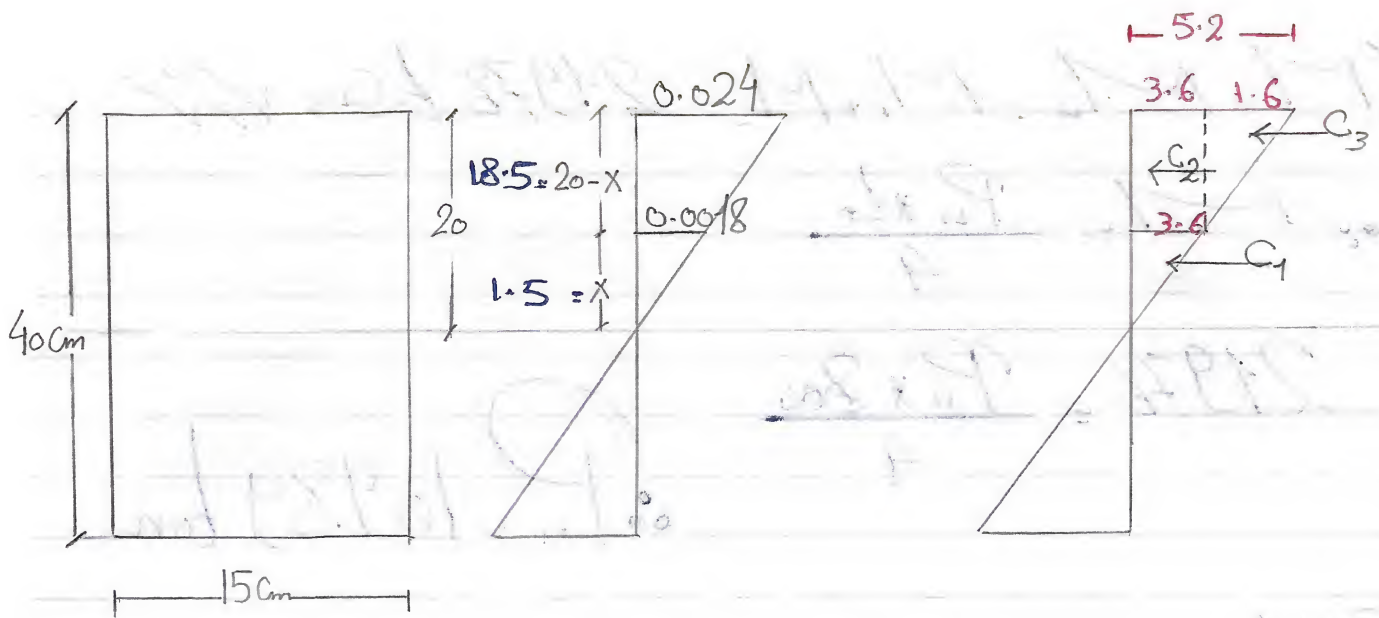
Ex: 4

Determine the ultimate moment ( $M_u$ ) that can be resisted by a steel beam of cross section dimensions  $15 \times 40 \text{ cm}$  and  $6 \text{ m}$  span. Also find the ultimate load ( $P_u$ ) if the steel beam subjected to a concentrated load applied at the mid span and the stress strain relationship in tension and compression of the beam's material is as follows:

Follows:







$$\frac{x}{0.0018} = \frac{20}{0.024} \quad x = 1.5 \text{ cm}$$

Force. $\text{نقطة}$	$y_{ct}$ $\text{مركز الثقل}$	$M = F \times y_{ct}$
$C_1 = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 3.6 \times 15 = 40.5 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[ \frac{2}{3} \times 1.5 \right] \times 2 = 2 \text{ cm}$	$M_1 = 40.5 \times 2 = 81 \text{ t.cm}$
$C_2 = 18.5 \times 3.6 \times 15 = 999 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[ \frac{1}{2} \times 18.5 + 1.5 \right] \times 2 = 21.5 \text{ cm}$	$M_2 = 999 \times 21.5 = 21478.5 \text{ t.cm}$
$C_3 = \frac{1}{2} \times 18.5 \times 1.6 \times 15 = 222 \text{ ton}$	$y_{ct3} = \left[ \frac{2}{3} \times 18.5 + 1.5 \right] \times 2 = 27.67 \text{ cm}$	$M_3 = 222 \times 27.67 = 6142.74 \text{ t.cm}$

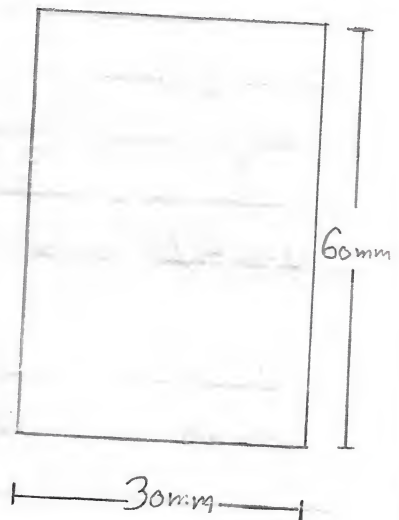
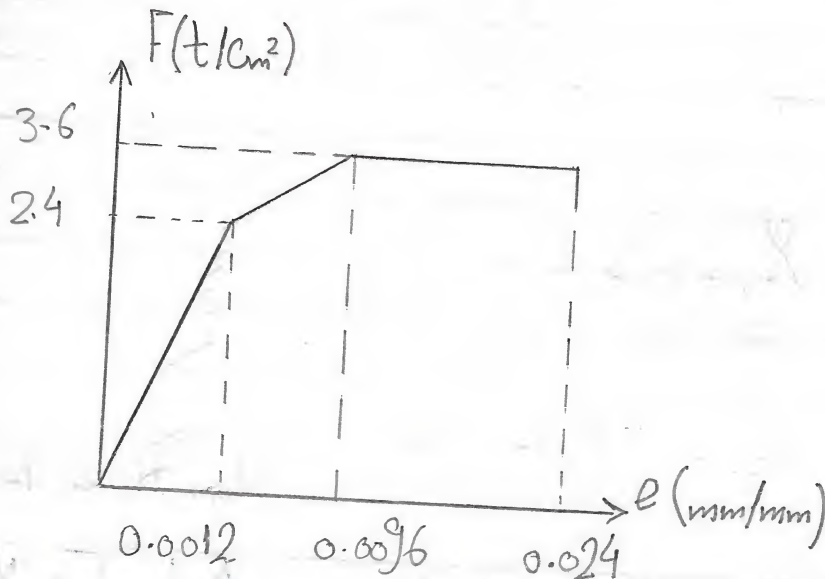
$$\sum M. M_u = 27702.24 \text{ t.m} \quad \checkmark$$

$$27702.24 = \frac{P_u \times 600}{4}$$

$$P_u = 184.68 \text{ ton}$$

Ex: 5

Determine the Maximum elastic moment ( $M_e$ ) and the ultimate moment ( $M_u$ ) that can be resisted by a steel beam of Cross section dimensions  $30 \times 60 \text{ mm}$  knowing that the ~~cross~~ Stress Strain relationship of the beam's material is as follows:

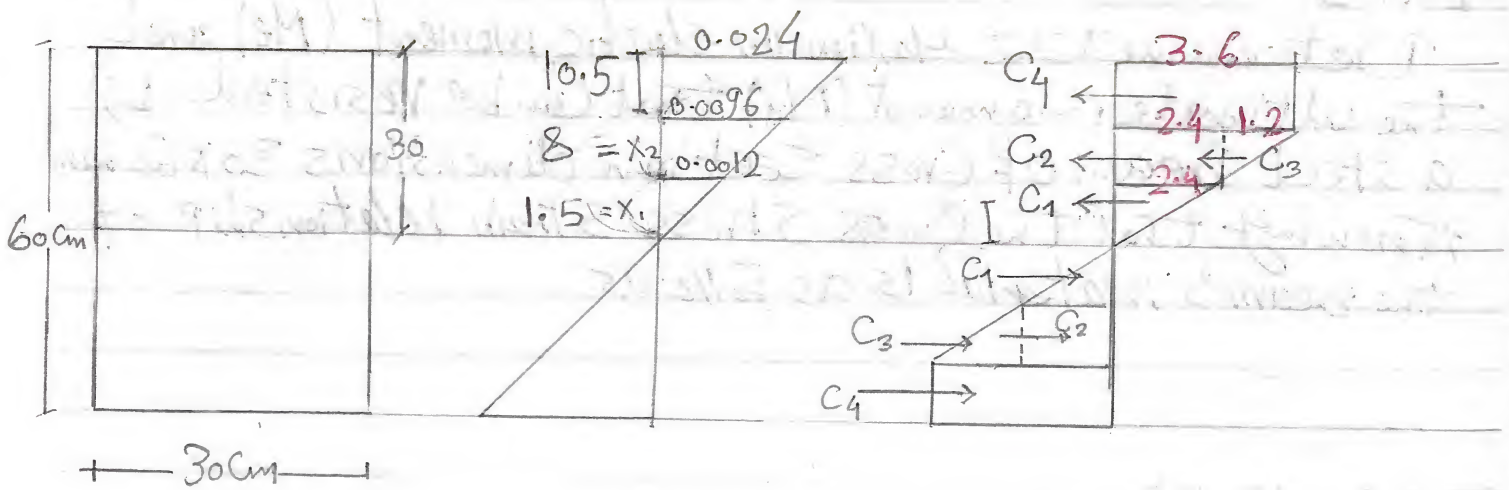


1) Elastic Moment

$$I = \frac{30 \times 60^3}{12} = 540000 \text{ mm}^4 = 54 \text{ cm}^4$$

$$2.4 = \frac{M_e}{540000} \times 30 \quad M_e = 43,200 \text{ t} \cdot \text{cm}$$





$$\frac{X_1}{0.0012} = \frac{30}{0.024}$$

$$X_1 = 1.5 \text{ cm}$$

$$\frac{0.0096}{0.024} = \frac{X_2}{20}$$

$$X_2 = 8 \text{ cm}$$

$$M_u = 41865.48 \text{ t.cm}$$

Force = $\text{width} \times \text{height} \times \text{stress}$	$Y_{ct}$ : $\int y \cdot dA$	$M = F \times Y_{ct}$
$C_1 = 30 \times \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2.4 = 54 \text{ ton}$	$Y_{ct1} = \left[ \frac{2}{3} \times 1.5 \right] \times 2 = 2 \text{ cm}$	$M_1 = 54 \times 2 = 108 \text{ t.cm}$
$C_2 = 30 \times 8 \times 2.4 = 576 \text{ ton}$	$Y_{ct2} = \left[ \frac{8}{2} + 1.5 \right] \times 2 = 11 \text{ cm}$	$M_2 = 576 \times 11 = 6336 \text{ t.cm}$
$C_3 = 30 \times \frac{1}{2} \times 8 \times 1.2 = 144 \text{ ton}$	$Y_{ct3} = \left[ \frac{2}{3} \times 8 + 1.5 \right] \times 2 = 13.67 \text{ cm}$	$M_3 = 144 \times 13.67 = 1968.48 \text{ t.cm}$
$C_4 = 30 \times 10.5 \times 3.6 = 1134 \text{ ton}$	$Y_{ct4} = \left[ \frac{10.5}{2} + 9.5 \right] \times 2 = 29.5 \text{ cm}$	$M_4 = 1134 \times 29.5 = 33453 \text{ t.cm}$

Ex:6

جامعة القاهرة

كمبرج من الحديد الزهر ذات مقطع مربع طول قاعدته 6cm اختبرت  
في اختبار الانحناء تحت حمل مركزي منتصف بحرهما وقاعدتي ارتكازهما  
البعدين بينهما 80cm طرازات قراءات الحمل والانهيار  
للمحكمة خلال الاختبار كما يلي

الحمل (kg)	900	1800	2700	3600	4500	5400	6300	6600
سمك الانحناء (mm)	1,05	2,1	3,15	4,2	5,25	6,8	8,85	10,9

المسألة: ايجاد الحمل المناسب - معايير الكسر - معايير الرجوعية - معايير التوتت  
معايير التشوهات

Solution:

1. تحديد حمل المناسب بطريقة ① بار ٢ م

$$857.17 = \frac{4500}{5,25} = \frac{3600}{4,2} = \frac{2700}{3,15} = \frac{1800}{2,1} = \frac{900}{1,05} \quad \text{② تقسيم}$$

$$\therefore P_{Pr} = 4500 \text{ Kg}$$

$$1. \quad M = \frac{PL}{4} = \frac{4500 \times 80}{4} = 90000 \text{ Kgcm}$$

$$I = \frac{h^4}{12} = \frac{6^4}{12} = 108 \text{ cm}^4$$

$$y = 3 \text{ cm}$$

$$f_{Pr} = \frac{90000}{108} \times 3 = 2500 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{①}$$



## 2. Modulus of Rupture

$$M_u = \frac{P_u \times L}{4} = \frac{6600 \times 80}{4} = 132000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Modulus of Rupture} = \frac{M_u}{I} y$$

$$= \frac{132000}{108} \times 3 = 3666.67 \text{ kg/cm}^2$$

## 3. Modulus of Resilience = $\frac{R}{V}$

$$R = \frac{1}{2} \times P_R \times \Delta_{Pr} = \frac{1}{2} \times 4500 \times 0.525 = 1181.25 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$A = 6 \times 6 = 36 \text{ cm}^2 \quad L = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Modulus of resilience} = \frac{1181.25}{2880} = 0.41 \text{ kg/cm}^2$$

## 4. M.O.E = $\frac{PL^3}{48 \Delta I} = \frac{800 \times 80^3}{48 \times 0.105 \times 108} = 846560.84 \text{ kg/cm}^2$

## 5. Modulus of toughness = $\frac{T}{V}$

$$T = \frac{1}{2} \times 4500 \times 0.525 + 4500 \left( \frac{1.09 - 0.525}{2} \right) +$$

$$\frac{2}{3} (6600 - 4500) (1.09 - 0.525) = 4514.75 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Modulus of toughness} = \frac{4514.75}{2880} = 1.568 \text{ kg/cm}^2$$

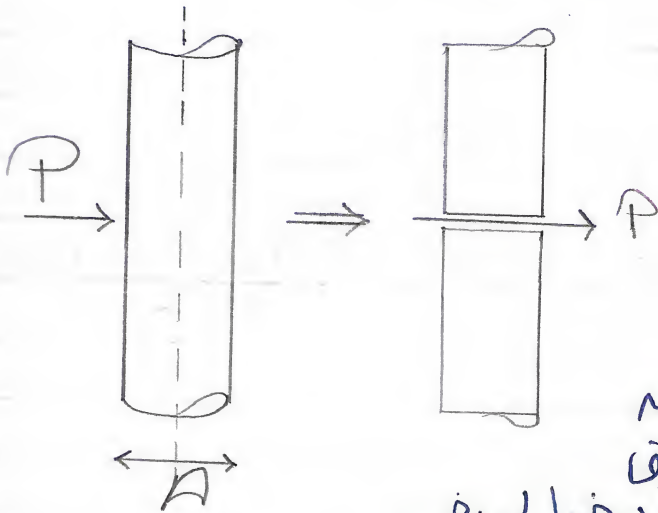


## الباب الخامس: سلوك المواد تحت تأثير لقمة الانحناء

تعتبر مقاومة المواد للقمة مسألة ضرورية وهامة في تصميم المنشآت وعناصرها مثل الوصلات المبرشمة (Riveted jointed) والوصلات الملحومة (welded jointed) والحركات المعدنية والخرسانية. وتظهر أهمية القمة في انه مقاومة القمة هي التي تتحكم في مقاومة المواد لطيلة لقوى الشد كذلك في مقاومة المواد للقمة لقوى الضغط. حيث تبين في الرواب السابقة انه كسر المواد تحت قوى الشد او الضغط يكون في اغلب الأحيان تحت تأثير قوى القمة.

من مظهر

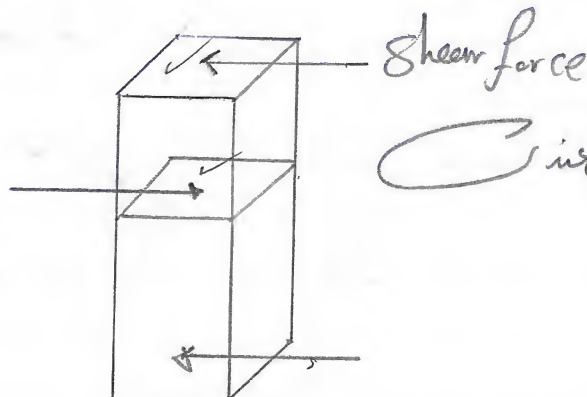
تعريف لقمة: هو حالة انزلاق جزئي من الجانب على جانب يستعرضه معين على باقي المادة الواقعة على الجانب الآخر من ~~ال~~ لقطع. ويكون ذلك نتيجة تأثير قوى لقمة او تأثير عزوم الالتواء. والقوى التي تسبب لقمة تؤثر في الاتجاه موازي للمساحة الحادث عليها القمة وعصودية مع الاتجاه محور العرض.



- ويسمى القمة بالقمة المباشرة. في حالة التأثير بقوى الضغط أو الشد

- ويسمى بقمة الانحناء. في حالة التأثير بعزوم الانحناء

- ويسمى بالقمة الالتواء. في حالة القمة الجالصة تحت تأثير عزوم الالتواء وتسببت لانزلاق لقطع يستعرضه للحيث المختبرة على بعضها لبعض. غير ملحومة بعزوم الانحناء كما في حالة لقمة المباشرة.



قوى موازي للسطح الذي يحدث



# Direct Shear:

أولاً: القصر المباشر:

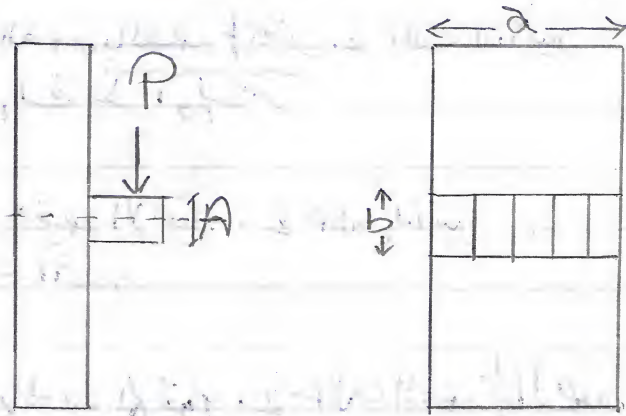
القصر المفرد  
Single Shear

القصر المزدوج  
Double Shear

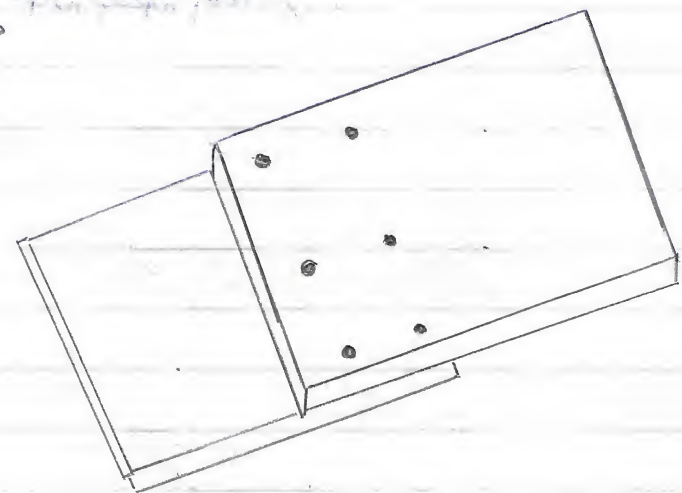
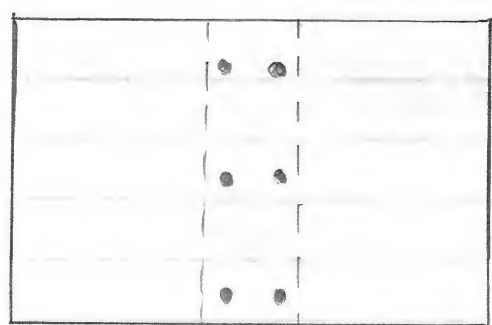
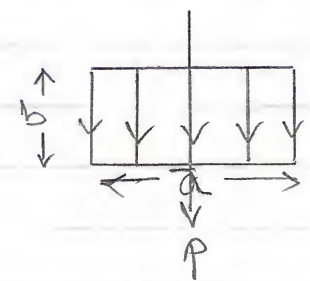
القصر لثاقب  
Punching Shear

١. القصر المفرد: يسمى القصر المفرد بذلك لأنه قوى القصر تؤثر على مقطع مستعرض واحد فقط من الأجنحة المختصرة وإجماليها للقصر يساوي

$$\tau \text{ «shear stress»} = \frac{P}{A} = \frac{Q}{A}$$



(1)



« شغل المسار به اكسر »



ن:

عدد مسير

القوى المتسار  
لواحد

$$P_{bolt} = \frac{T}{n}$$

الحد الأقصى

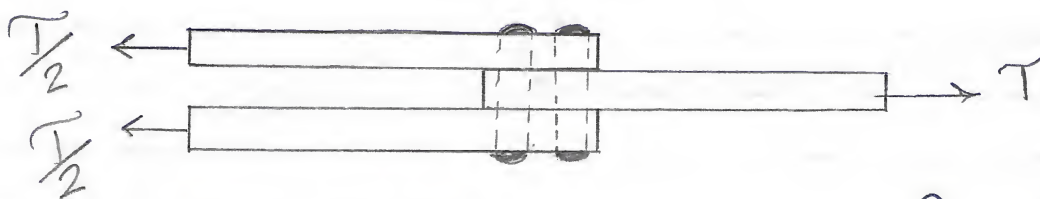
$$q_r = \frac{P_{bolt}}{A}$$

ultimate stress A : الحد الأقصى للواحد

$$q_{ran} = \frac{q_u}{F.O.S} \rightarrow q_u = \frac{F_u}{A} \quad \text{غالباً } 0.8$$

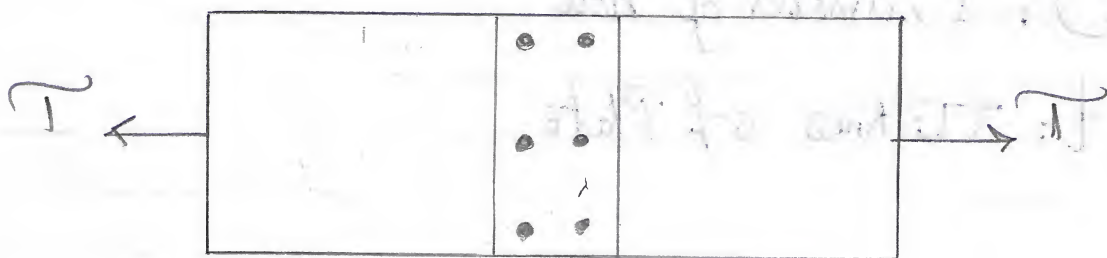
مقاومة القهر تؤخذ كنسبة من مقاومة الشد  $F_u$

٢. القهر المزدوج: يسمى بالقهر المزدوج لأنه يقاوم تأثير قوى القهر بمقطعان مستعرضان من العينة أو الجسم المختبر.



$$P_{bolt} = \frac{T}{n}$$

$$\therefore q = \frac{P_{bolts}}{2A}$$





٣. القمم الشاقب: عندما تتعرض عينات لقوة ضغط لكي تحدث تلك العينات ثقب حاد هذه العينات تنكسرت تأثير إجهاد

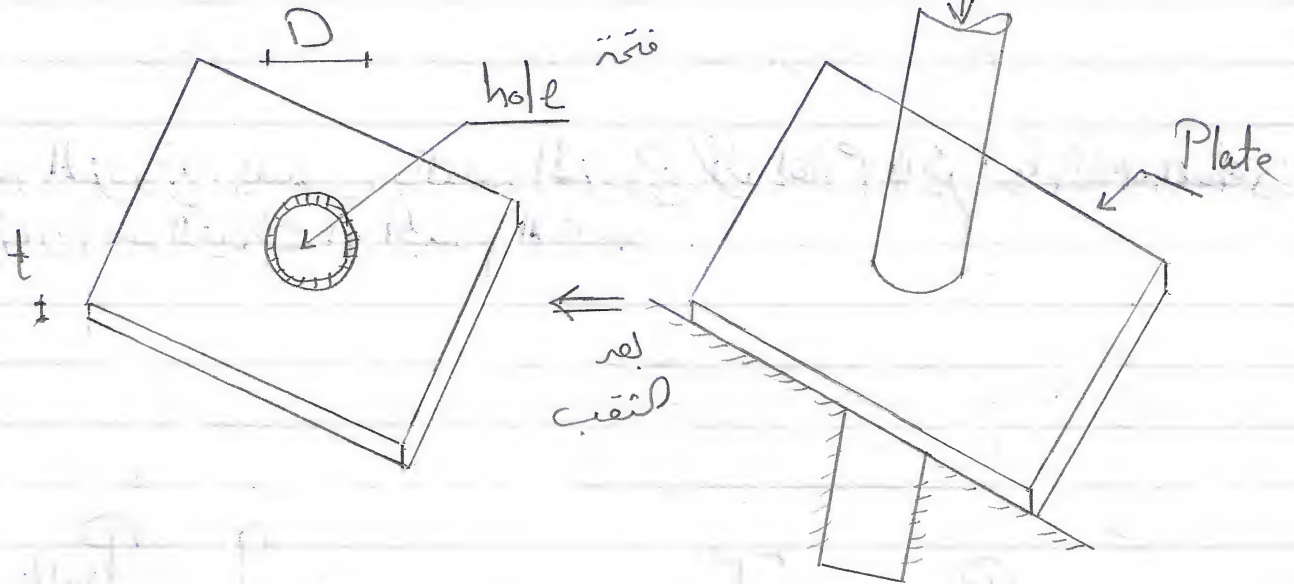
⑦ إجهاد ضغط: يؤثر على مساحة المقطع المحملة ويساوي

$$F = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

⑧ إجهاد القمم: يؤثر على مساحة الجانبة محيط مقطع التأثير (الاجابة الجانبة للقمة المنقوب) ويساوي إجهاد القمم الشاقب

$$q = \frac{P}{\text{Side Area}} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot t}$$

ويساوي



D: Diameter of hole

t: Thickness of Plate

الثقب ← الشق

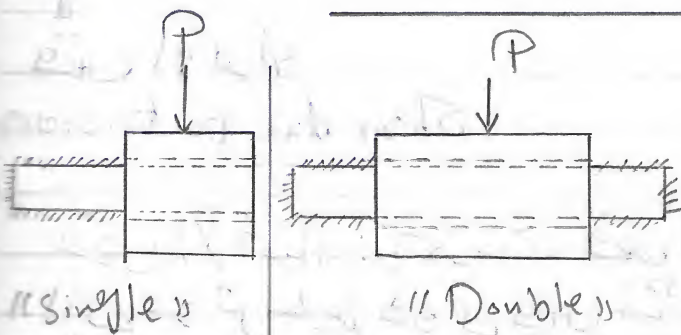
## اختبار القصر المباشر

اختبار القصر المباشر للمعادن لا يتم عليه لخواصها  
لتيقاس كاختبار قبول أو رفض المواد إلا في بعض الحالات الخاصة مثل  
المعادن التي تعمل في المنشآت كمسامير برشام أو كاداس لومل أجزاء المنشآت  
والأكينات وبقع عليها قصر مفرد أو قصر مزدوج وذلك لأنه اختبار  
وخصوصاً لطيلة منها يكتف فيهما باختبار الشد لتحسين خواصها  
به قلة وهذا لأنه كسر معدن في الشد بسبب ضعفه في تحمل لقصر أي أنه  
مقاومة الشد للمعادن لطيلة تستخدم للمقارنة بينه اختبار على مقاومة لقصر  
حيث أنه مقاومة لاختبار لطيلة للقصر أقل من مقاومة الشد وتساوي  
حوالي (0.8) من مقاومة الشد  $F_u > q_u$   $q_u = 0.8 F_u$   
المعادن لطيلة قوى في الشد لكم التي يكسرها قوى لقصر.

أما للمعادن القصفة ضعيفة في مقاومات الشد على مقاومة لقصر. حيث  
أن المواد لقصفة تنكسر عند قوى الشد لأنه مقاومة تلك المواد للقصر  
تساوي حوالي (1.3) من مقاومة الشد  $q_u = 1.30 F_u$   
لما لخواص لقصفة على أنها في الشد ضعيفة فلا داعي لاختبار القصر

لذلك فإنه ليس به الضروري إجراء اختبار اختبار لقصر على المواد لقصفة  
ويمكن إجراء اختبار لقصر المباشر للمواد المعنوية المطيلة بتعريف  
العينات لقوى شد أو ضغط تسبب فيها قصر مباشر مفرد أو مزدوج  
أو ثاقب

## خطوات الاختبار



١- يتم تثبيت العينات على حصة الاختبار  
فردى أو مزدوج

٢- يتم التأثير بجل حتى كسر العينة وتسجل حمل الكسر «P»

٣- يتم حساب الأحمال «q» بحسب نوع لقصر

$$q = \frac{P}{A}$$

مفرد

$$q = \frac{P}{2A}$$

مزدوج



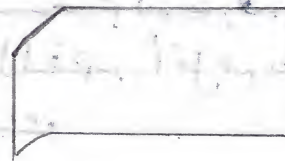
شکل کسر

Double

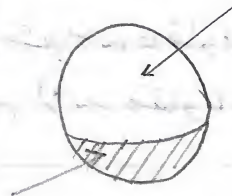
قطاع طوی



Single



Smooth سلس



Rough

خش

Indirect Shear

ثانیاً: القص غیر مباشر

قص الانحناء

Shear due to Bending

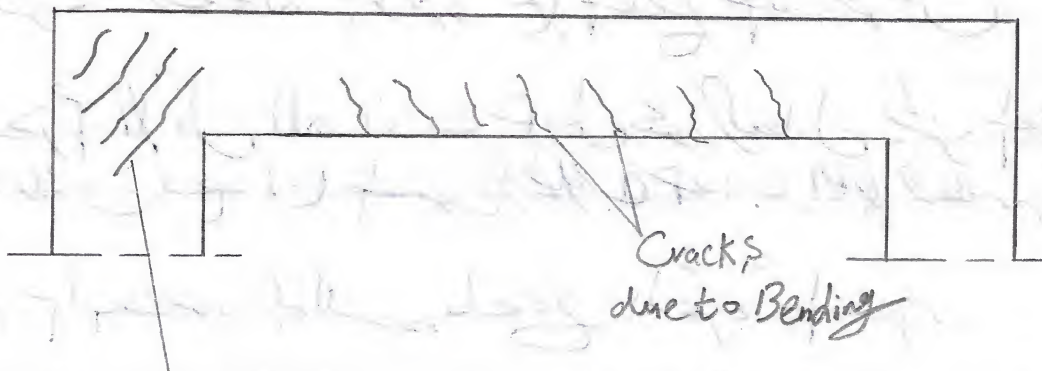
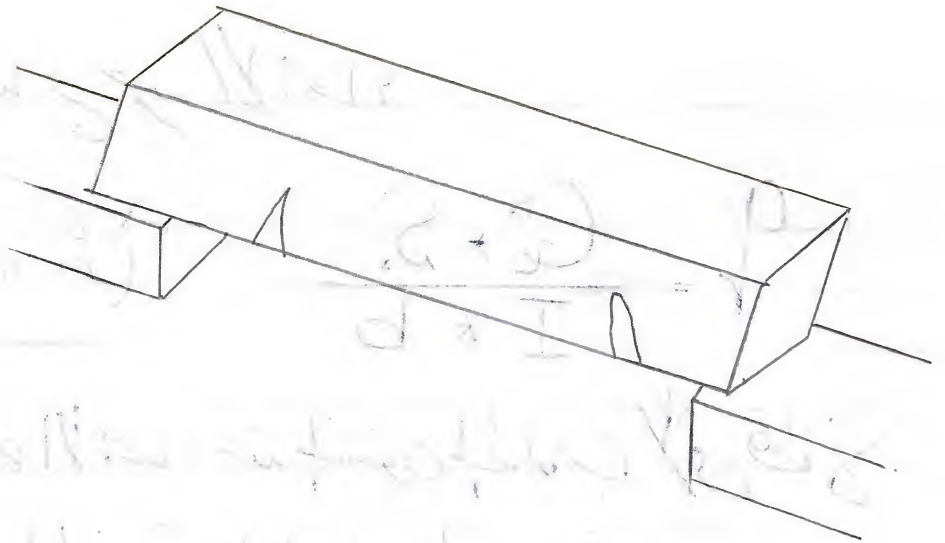
قص الالتواء

Shear due to torsion

قص الانحناء: يحدث قص الانحناء بالمحركات او الحملات الانشائية التي يؤثر عليها قوى قص تكون محبوبة بخزوم الانحناء لذلك عازا حملت حمرة باعمال تسبب فيها انحناء طوله الى مقطع مر مقابل هذه الحمرة يكون معرضاً لتأثير عزم الانحناء (M) وقوى قص (Q)

$$\frac{T}{J}$$

$$\frac{P}{A}$$



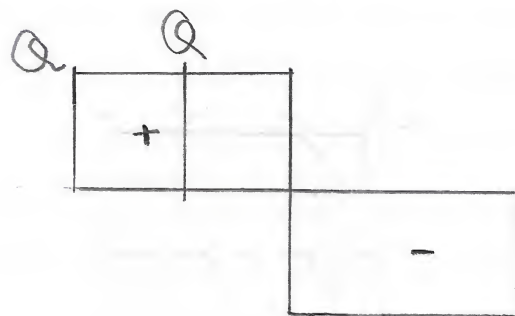
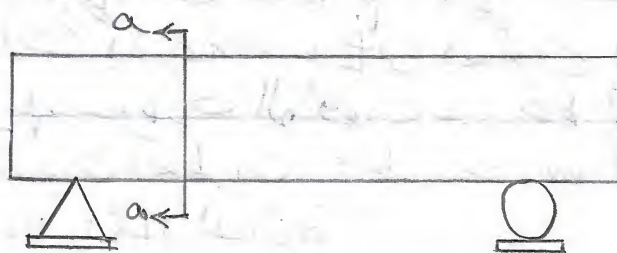
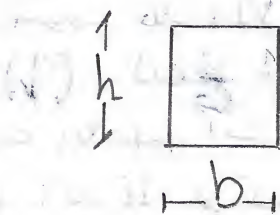
Cracks due to shear

آثار الشد في أطراف الدعامات

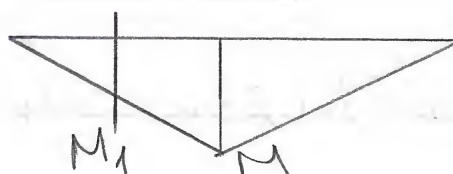
نتيجة قوة القص  $Q$  و  $V$

الضغط و الشد الناتجة من  $M$

وتسمى  $\sigma$  Diagonal tension



S.F.D



B.M.D



١. مقدار القوس كفاً في عمر الأختاء

$$q = \frac{Q * S}{I * b} \quad (\text{for uncracked sec})$$

q : مقدار القوس في الأختاء عند مستوى الجيوب لأي قطاع

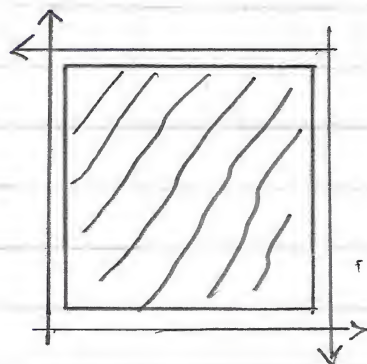
Q : قوة القوس المؤثرة على القطاع المستعرض

S : الحزم الأول للمسافات حول محور التعادل جزئياً، قطاع مستعرض للكرة الذي يقع على مستوى وطول حساب إجهاد القوس عند S

I : عزم القصور الذاتي لقطاع الكرة المستعرض

b : عرض القطاع عند مستوى الجيوب

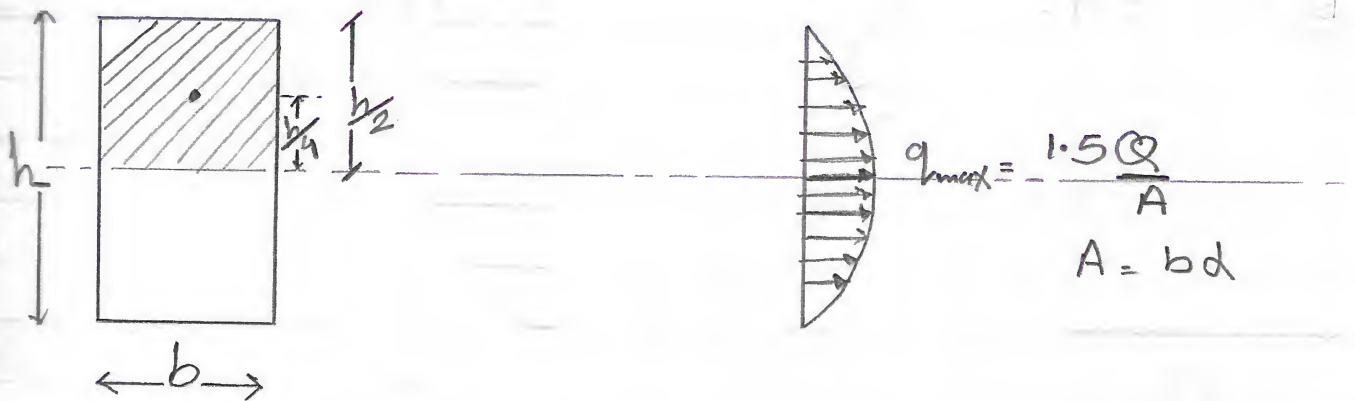
• ويلاحظ أنه القوس هنا في الأختاء حسب الأختاء في الأختاء  
إجهادات ضاغطة قطرية بالكرات وهي عبارة عن الإجهادات  
الترسسية وقد تكون إجهادات شد أو إجهادات ضغط  
وتكون تلك الإجهادات بقيمتها على قصوى قيمت قوس الأختاء  
(q) لنقط المقاطع المستعرضة الواقعة عند كل تعادل، وتجبر  
قيمة الإجهادات الضاغطة القطرية كما زادت قيمت (q) أي  
كما اقتربنا من نقطة الارتكاز للكرة.



إجهادات ضاغطة مرقية الأختاء

# عزم القصور الذاتي " $S_x$ "

هو عزم القصور الذاتي فوق المحور الأفقي لقطع العرض "N.A"   
 محور قور (محور) "N.A"



$$q_{max} = \frac{Q \cdot S_x}{I \cdot b}$$

$S_x$  : عزم القصور الذاتي للمقطع  $S_x$  : عزم القصور الذاتي للمقطع

$$\left( \frac{h}{2} \cdot b \right) \cdot \frac{h}{4}$$

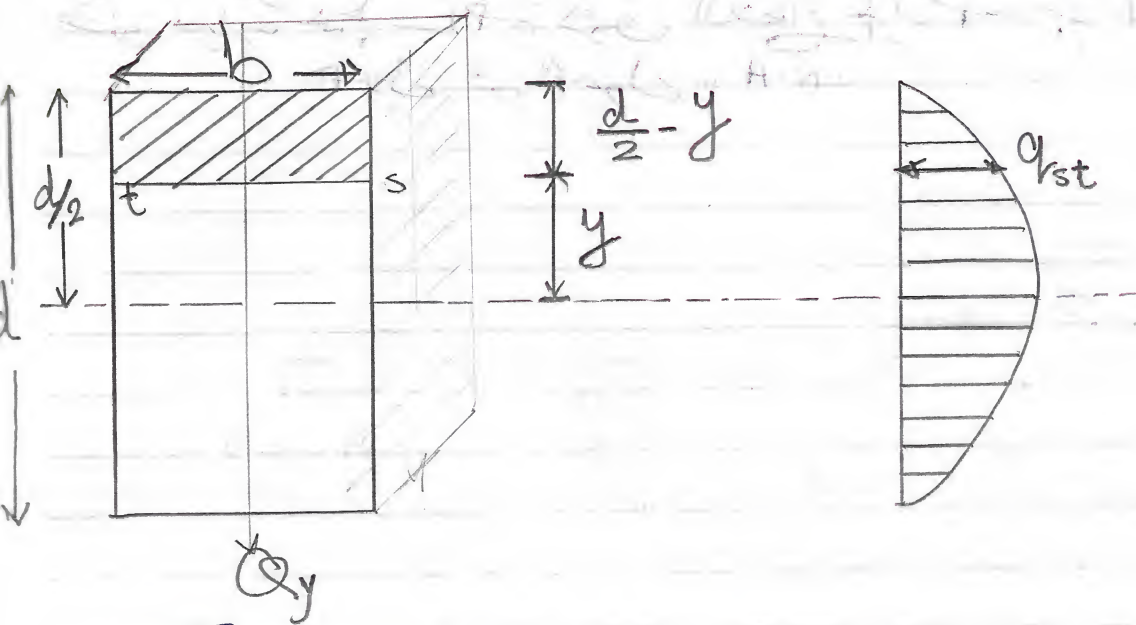
$$b \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{h}{4} \right) \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{h}{4} \right) = b \cdot \left( \frac{h}{4} \right) \cdot \left( \frac{h}{4} \right) = \frac{b \cdot h^2}{8}$$

$$b \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{h}{4} \right) \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{h}{4} \right) = \frac{b \cdot h^2}{8} - \frac{b \cdot h^2}{8} = 0$$

$$\frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{b \cdot h^3}{12} = 0$$



تعيين توزيع الإجهاد قصي الأضواء، خاصة بعض مقاطع الحركات  
مستطيل



قيمت إجهاد قص الأضواء عند ان الجزء (st) المقطع مستطيل  
تأثير قوى القص (Q\_y)

$$q = \frac{Q_y * S}{I_x * b}$$

$$S = \left(\frac{d}{2} - y\right) * b * \left(\frac{1}{2} \left(\frac{d}{2} - y\right)\right) + y$$

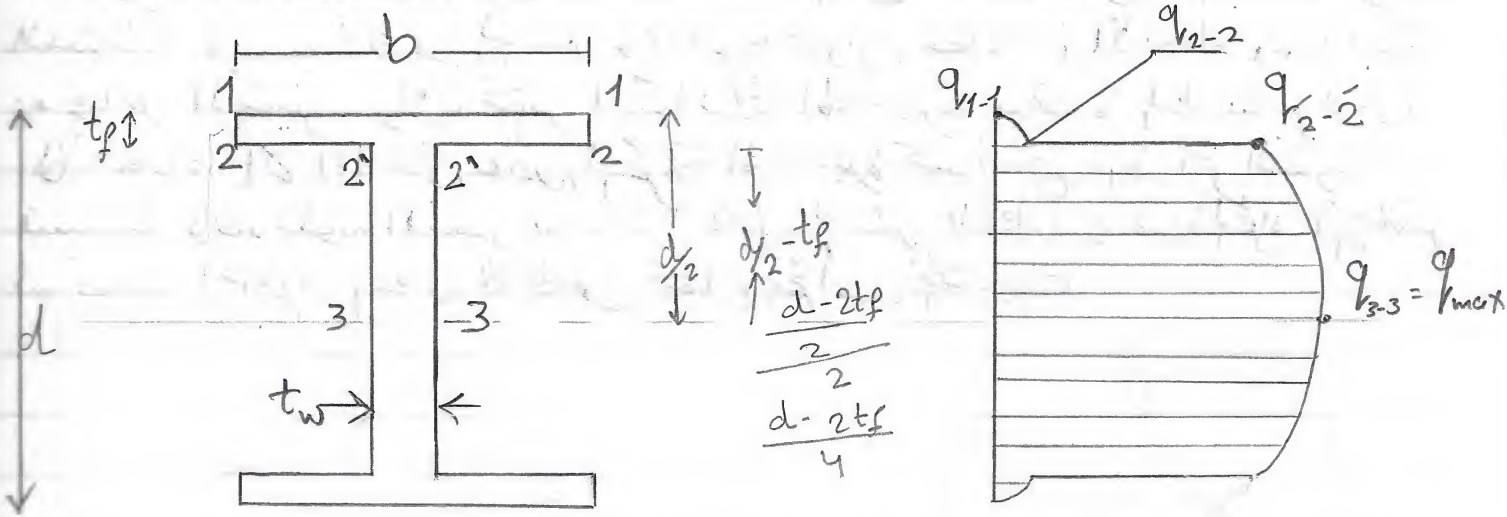
$$= \frac{bd}{2} - by + \left(\frac{d}{4} - \frac{y}{2}\right) * y$$

$$\frac{bd}{2} - \frac{byd}{4} - \frac{by^2}{2} + y$$

$$\frac{2bd - byd - 2by^2 + 4y}{4}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$q = \frac{Q}{I_x b} \left( \frac{2bd - byd - 2by^2 + 4y}{4} \right)$$



$$q_{1-1} = 0.0$$

$$q_{2-2} = \frac{Q}{I_x b} \left( t_f \cdot b \cdot \frac{d}{2} - \frac{t_f}{2} \right)$$

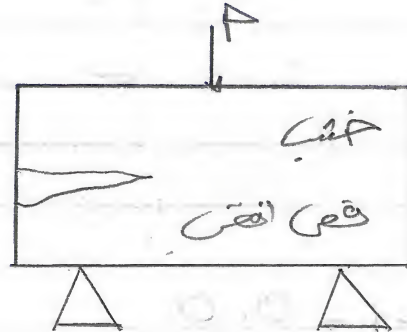
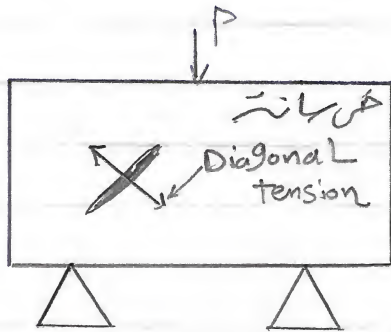
$$q_{2-2} = \frac{Q}{I_x \cdot t_w} \left( t_f \cdot b \cdot \frac{d - t_f}{2} \right) = q_{2-2} + \frac{b}{t_w}$$

$$q_{3-3} = \frac{Q}{I_x \cdot t_w} \left[ \left( t_w \cdot \frac{d}{2} - t_f \right) \left( \frac{d - 2t_f}{4} \right) \right]$$



## اختبار قصى الأتخاذ

يجرى اختبار قصى الأتخاذ كاختبار قبول تنص عليه المواصفات القياسية للمواد القصيفة مثل "أكبر ازهر وجرسانه و الخشب". ولا يجري اختبار قصى الأتخاذ لمعرفة مقارنات المواد لقصى الأتخاذ، وتعرضه لحيثيات المختبر في الأتخاذ، فمنها أن قصى الأتخاذ ولكن القوى التي تسبب كسر العينات في قوى شد ومنه تتعين مقاومة الأتخاذ لاختبار معايير الكسر. ولا تنكسر الكرات المختبرة به هذه المواد بتأثير قصى الأتخاذ إلا إذا كان عمده الكسر المختبرة كبيراً مع ضغط الكسر نسبياً وقد يكون الكسر بسبب إجهاد شد القطر كما في الكرات الجرانيتية أو بسبب إجهاد لقصى الأفقى كما في الكرات الخشبية



## قوى الالتواء

الالتواء هو انزلاق المقطع المستعرض للجسم على المقطع التماسي المجاوره حول محور طول عمودى على كل من المقطعين وليس ~~في~~ انزلاق المقطعين عن بعضهما في اتجاه رأسى أو اتجاه افقى كما في حالة إقلاق المباني، (ولكن انزلاق دورانه أحد المقطعين حول محور على المقطع الآخر) وإحدى الالتواء إذا تعرض المقطع المستعرض إلى عزم التواء (T) ليصل في مستوى المقطع أو موازى لمستوى المقطع ويظهر دورانه هذا العزم حول محور طولى للجسم الإنشائى وإحدى الالتواء في أجزاء المنشآت والمساكنات المختلفة مثل أعمدة إدارك الجدران والعمدة الدروسة للظائرك.

## حالات مختلفت لعزوم الالتواء

١- عزوم التواء ( $M_T$ ) يؤثر على إطرف الحرف قضيب حرم واحد الطرفات ومثبت من الطرف الآخر إلى مثل كابولي

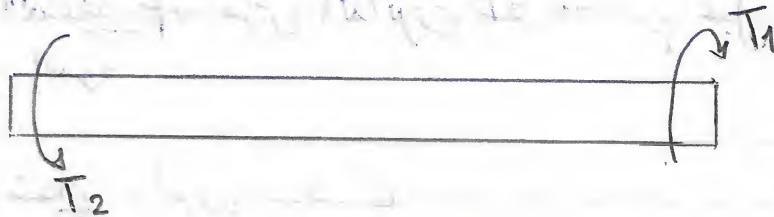


٢- تأثير عزوم التواء غير متساويين في مقدار ولهما نفس إتجاه لدوران العزم الأول ( $T_1$ ) والعزم الثاني ( $T_2$ ) فإذا كان  $T_2 < T_1$  فإن قيمة عزوم الالتواء المؤثرة إن كانه ( $M_T$ )

$$M_T = M_{T_1} - M_{T_2}$$



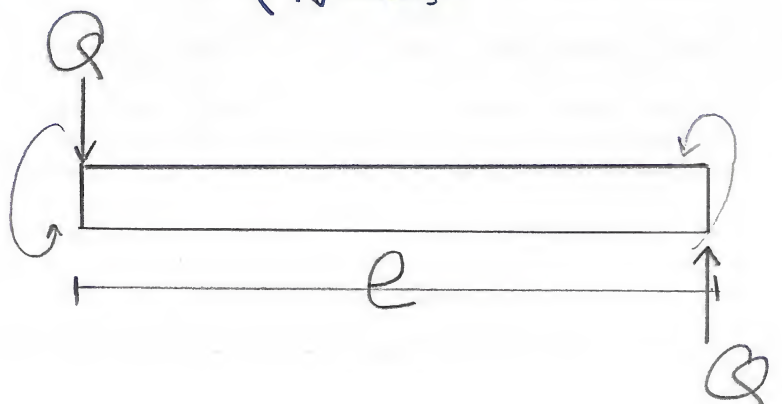
٣- وجود عزوم التواء متساويين في مقدار أحدهما عكس الآخر في الاتجاه لتأثير



$$T = T_1 - T_2$$

٤- تعرض العنيت إلى قوتين متوازيتين ومتعاكستين في الاتجاه ومتساويتين في المقدار ( $Q$ ) وتبعد إحداهما على الأخرى مسافة ( $e$ ) حيث تقع كل من القوتين في نفس مستوى المقطع المستعرض وبذلك تسببان عزوم التواء قيمته ( $T$ )

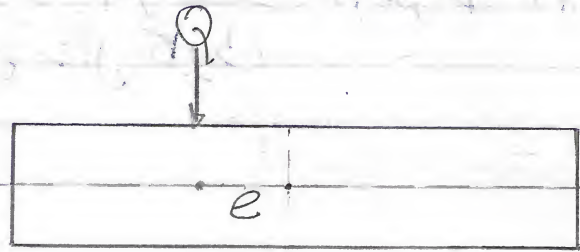
$$T = Q \cdot e$$





٥- تأثير قوة لامركزية ( $Q$ ) على مستوى المقطع المستعرض للعينات وتبعد  
على مركز المقطع مسافة ( $e$ ) فانحني نصيب عزم التواء ( $MT$ )

$MT: Q \cdot e$



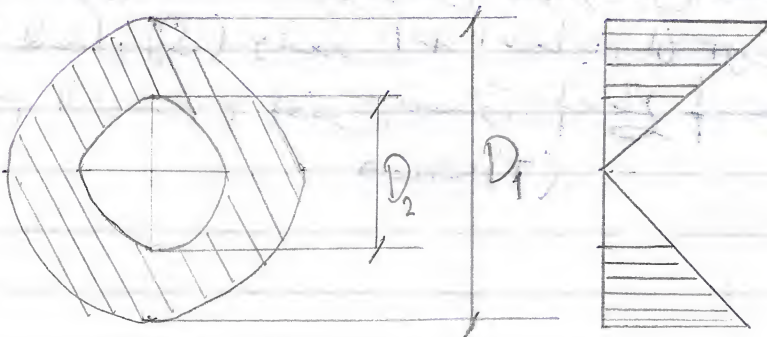
قوة الالتواء العينات ذات إقطاعات مختلفة

١- قطاع دائري مسطح

يجب ان نضع في الاعتبار بعض الفروض النظرية لتعيين حجم لقوة تأثير  
عزم التواء على قنبيبه معدني مستدير المقطع وذلك لفرضه كما يلي:

- ١- ان تكون مادة القنبيبه المختبر متجانسة تماماً
- ٢- " يكون اللي منتظم على طول إقنبيبه المختبر
- ٣- " " المقطع المستعرض للقنبيبه مستوي ودائري الشكل قبل  
التأثير بعزم التواء وكذلك يكون ارضاءً مستوي ودائري بعد التأثير بعزم  
٤- ان يكون قطع المقطع المستعرض الدائري على مستقيم قبل وبعد التأثير  
بعزم التواء

٢- قطاع دائري مجوف



S.2 T

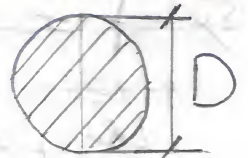


اجعلد قصى الالوتوا الأقصى وزاوية الالوتوا للقطاعات الدائرية

← دائري صفت

اجعلد قصى الالوتوا / أقصى  $M_{\max}$

زاوية الالوتوا  $\theta$



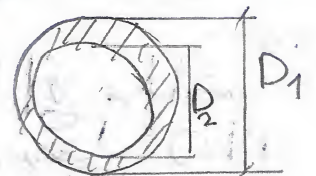
$$\tau_{\max} = \frac{16 M_t}{\pi D^3}$$

$$\theta = \frac{32}{\pi D^4} \cdot \frac{M_t L}{G}$$

← دائري مجوف

$$\tau_{\max} = \frac{16 D_1 M_t}{\pi (D_1^4 - D_2^4)}$$

$$\theta = \frac{32}{\pi (D_1^4 - D_2^4)} \cdot \frac{M_t L}{G}$$

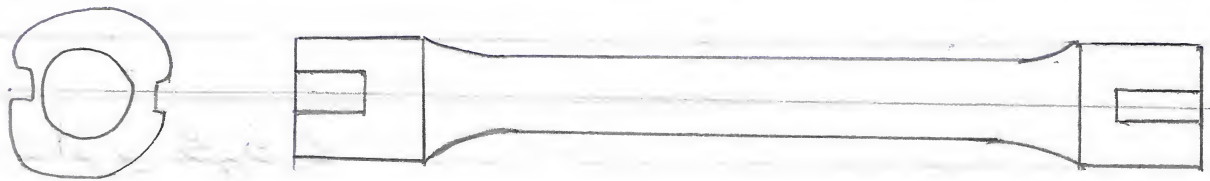


اختبار قصى الالوتوا

لا تنه المواصفات إختيارية إلا إجراء اختبار الالوتوا كاختبار قبول للمعادن إلا في حالات محددة حالته ولكن اختبار هام أخرى مغلقة لبيان خواص ميكانيكية للمواد في قصى حيث انه الالوتوا هو حالة قصى حالته حيث انه لا يتعرض لتعرضه على بعضها البعض حيث انهم لا يجرى اختبار الالوتوا لاختبار كساح حالته حيث انه يجرى اختبار الالوتوا لمعرفة مدى مقاومة اجزاء الماكينات أو المنشآت تحت تأثير الالوتوا وذلك للمقاطع المستديرة والغير مستديرة. ويستخدم اختبار الالوتوا أيضاً لدراسة تأثير عمليات المعالجة الحرارية المختلفة وخصوصاً للأجزاء المعرضة للعمليات التي تؤثر كثيراً على المعدن قرب السطح. ويستعمل جزء المعدن في حاله مقاسات الطيغى كما في حالة محور خزانة (مصارى)



وعلاوة على ذلك الاختبار تكون عبارة عن اسطوانة اي دائرية المقطع  
مع المأخذ في الاختبار انه يكون قطر مقطع عين الاختبار اقل من  
قطر نهايتي العين والمركبتان في ماكينه الاختبار لضمان عدم حدوث  
كسر في اختيار عين احدهن لنهايتين ويكون الكسر في جسم العين اختبره  
لضمان صحة نتائج الاختبار كما انه يجب ان يكون هناك تجاوز  
يكل من نهايتي العين حتى يسجل تركيبها بماكينه الاختبار لتدريج عليها  
العين



يتم إجراء اختبار الالتواء على ماكينات خاصة بالالتواء وهذا النوع من الماكينات  
لها فكين تثبيت بينهما العين المطلوب اختبارها، ويحضر في ٨٤١  
هذه الفكين دائرياً مسبباً عزيم الالتواء بالعين المختبر، أما الفكين  
الأخر مزود بشقل بحدود يعمل على عوارضة عزيم الالتواء لهذا النوع، أو بأي  
السلويو آخر، كما يوجد بالمكينات مقاس مدرج لبيان عزيم الالتواء المطلوب  
بها وأيضاً مقاسه لبيان الالتواء.

« يمكن إجراء اختبار الالتواء على عينات من المعادن المختلفة  
سواء كانت صلبات أو قصفة، حيث انه يجري على المواد المعدنية  
المطبات لتعين مقاومتها القصوى للقصر وكذلك الحوائط الميكانيكية في الالتواء  
أما بالنسبة للمواد القصفة فإنه لا يستعمل غالباً لبيان مقاومتها  
القصر لانه بعدد القصفة اذا تعرضت لعزوم الالتواء فإنها تنكسر بالشد  
الصاعى قبل ان يصل المعدن الى مقاومتها القصوى للقصر ولهذا  
يجرى هذا الاختبار على بعدد القصفة بغرض دراسته بعدد كوام  
الميكانيكية الأخرى او للمقارنة بين بعدد.

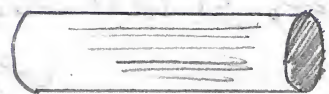
يتم قياس البعد بين نهايتي العين المطلوب اختبارها ثم تثبيت العين  
بماكينات الاختبار ويؤثر عليها بعزيم الالتواء (T) مدرج في القيمة من  
لحفر حتى كسر العين وتسجل تراويع الالتواء الصاعى لكل عزيم  
التواء ولتكن (θ)



## لمشكل الكسرة الحياتية المختبرية في الالتواء

يتم لكسر في الحاد في الحيلولة في اختبار قس الالتواء في مستوى الحدود  
على محور الحث أن على مستوى موازي للمقطع المستعرض وذلك نتيجة تأثير  
قوة الالتواء، لأنه الحاد في الحيلولة ضعيف في الحاد الحصل عن في الحاد  
أشهر أو الحاد الضغوط أي أنه الحاد الحصل هو الذي يتحكم في مدى  
مقاومة هذه الحاد للكسر

$M_t$



④ أما الحاد الحصل في كسر الحاد بالالتواء على شكل حلزوني ناتج من كسر  
على مستوى الحاد الحاصل وتصل مع مع هو الحاد المختبرية.  
وذلك لكسر نتيجة تأثير الحاد الحاصل في الحاد الحصل هو الذي  
الحاد في الحيلولة في الحاد الحصل في الحاد الحاصل هو الذي يتحكم في مدى  
أي أنه الحاد الحاصل هو الذي يتحكم في مدى مقاومة هذه الحاد  
للكسر

